



Revista Iberoamericana de Tecnologías del/da Aprendizaje/Aprendizagem

(Latin-American Learning Technologies Journal)

Una publicación de la Sociedad de la Educación del IEEE

Uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE

A publication of the IEEE Education Society

NOV. 2012

VOL. 7

NÚMERO/NUMBER 4

(ISSN 1932-8540)

Editorial (en español)	Martín Llamas y Manuel Castro	i
Editorial (en português)	Martín Llamas y Manuel Castro	iii

EDICIÓN ESPECIAL: COMPUTAÇÃO SOCIAL APLICADA A E-LEARNING

Editores Invitados: *José Valdeni De Lima e José Palazzo Moreira de Oliveira*

Edição Especial: Computação Social Aplicada a E-learning.....	<i>José Valdeni De Lima e José Palazzo Moreira de Oliveira</i>	171
As Redes Sociais e a Qualidade de Vida: os Idosos na Era Digital.....	<i>Anelise Jantsch, Letícia Rocha Machado, Patrícia Alejandra Behar e José Valdeni de Lima</i>	173
Um Agente Pedagógico Animado de Apoio à Aprendizagem Baseada em Problema.....	<i>Laysa Mabel de Oliveira Fontes, Francisco Milton Mendes Neto, Fábio Abrantes Diniz, Danilo Gomes Carlos, Luiz Jácome Júnior e Luiz Cláudio Nogueira da Silva</i>	181
Desarrollo de Contenidos de Aprendizaje con Herramientas Sociales. Learner Generated Content en Ingeniería.....	<i>Ana María López Torres y Cristóbal Nico Suárez Guerrero</i>	189
O Uso do Moodle como Ferramenta de Ensino Colaborativo: um Estudo Focado no Wiki.....	<i>Anna Helena Silveira Sonego e Érico Marcelo Hoff do Amaral</i>	197
Aumentando a Flexibilidade de um Sistema e-learning Adaptativo através da Abordagem Responsive Webdesign.....	<i>Marcos H. Kimura, Avanilde Kemczinski1, Isabela Gasparini1, Ana Marilza Pernas, Marcelo S. Pimenta e José Palazzo M. de Oliveira</i>	203

(Continua en la Contraportada)

CONSEJO/CONSELHO EDITORIAL

Presidente (Editor Jefe):

Martín Llamas Nistal,
Universidad de Vigo, España

Vicepresidente (Coeditor):

Manuel Castro Gil, UNED, España

Editor Asociado para lengua

Portuguesa: Carlos Vaz do Carvalho,
INESP, Portugal

Miembros:

Melany M. Ciampi, COPEC, Brasil

Javier Quezada Andrade,

ITESM, México

Edmundo Tovar, UPM, España

Manuel Caeiro Rodríguez,

Universidad de Vigo, España

Juan M. Santos Gago,
Universidad de Vigo, España

Secretaría:

Pedro Pimenta,
Universidade do Minho, Portugal
Francisco Mur, UNED, España

COMITÉ CIENTÍFICO

Alfredo Fernández
Valmayor, Universidad
Complutense de Madrid,
España

Antonio J. López Martín,
Universidad Estatal de
Nuevo Méjico, USA

Antonio J. Méndez,
Universidad de Coimbra,
Portugal

António Vieira de
Castro, ISEP, Oporto,
Portugal

Arturo Molina, ITESM,
México

Baltasar Fernández,
Universidad
Complutense de Madrid,
España

Carlos Delgado,
Universidad Carlos III
de Madrid, España

Carlos M. Tobar Toledo,
PUC-Campinas, Brasil
Claudio da Rocha Brito,
COPEC, Brasil

Daniel Burgos,
Universidad
Internacional de La
Rioja, España

Fernando Pescador,
UPM, España

Francisco Arcega,
Universidad de
Zaragoza, España
Francisco Azcondo,
Universidad de
Cantabria, España

Francisco Jurado,
Universidad de Jaen,
España
Gustavo Rossi,
Universidad Nacional
de la Plata, Argentina
Héctor Morelos, ITESM,
México

Hugo E. Hernández
Figueroa, Universidad
de Campinas, Brasil
Ignacio Aedo,
Universidad Carlos III
de Madrid, España

Inmaculada Plaza,
Universidad de
Zaragoza, España
Jaime Muñoz Arteaga,
Universidad Autónoma
de Aguascalientes,
México

Jaime Sánchez,
Universidad de Chile,
Chile

Javier Pulido, ITESM,
México

J. Ángel Velázquez
Iturbide, Universidad
Rey Juan Carlos,
Madrid, España

José Bravo, Universidad
de Castilla La Mancha,
España
José Carpio, UNED,
España

José Palazzo M. De
Oliveira, UFGRS, Brasil
José Salvado, Instituto
Politécnico de Castelo
Branco, Portugal

José Valdeni de Lima,
UFGRS, Brasil

Juan Quemada, UPM,
España

Juan Carlos Burguillo
Rial, Universidad de
Vigo, España

J. Fernando Naveda
Villanueva,
Universidad de
Minnesota, USA

Luca Botturi,
Universidad de Lugano,
Suiza

Luis Anido, Universidad
de Vigo, España

Luis Jaime Neri Vitela,
ITESM, México
Manuel Fernández

Iglesias, Universidad de
Vigo, España

Manuel Lama Penín,
Universidad de Santiago
de Compostela, España

Manuel Ortega,
Universidad de Castilla
La Mancha, España

M. Felisa Verdejo,
UNED, España

Maria José Patrício
Marcelino, Universidad
de Coimbra, Portugal

Mateo Aboy, Instituto
de Tecnología de
Oregón, USA

Miguel Angel Sicilia
Urbán, Universidad de
Alcalá, España

Miguel Rodríguez
Artacho, UNED, España

Óscar Martínez
Bonastre, Universidad
Miguel Hernández de
Elche, España

Paloma Díaz,
Universidad Carlos III
de Madrid, España

Paulo Días,
Universidade do Minho,
Portugal

Rocael Hernández,
Universidad Galileo,
Guatemala

Rosa M. Vicari, UFGRS,
Brasil

Regina Motz,
Universidad de La
República, Uruguay
Samuel Cruz-Lara,
Université Nancy 2,
Francia

Víctor H. Casanova,
Universidad de Brasília,
Brasil

Vitor Duarte Teodoro,
Universidade Nova de
Lisboa, Portugal

Vladimir Zakharov,
Universidade Estatal
Técnica MADI, Moscú,
Rusia

Xabiel García pañeda,
Universidad de Oviedo,
España

Yannis Dimitriadis,
Universidad de
Valladolid, España

IEEE-RITA: Una Nueva Etapa

Martín Llamas Nistal, Senior Member IEEE, y Manuel Castro, Fellow IEEE
Editores de IEEE-RITA

En Noviembre de 2006 empezaba la andadura de IEEE-RITA con el ánimo de conseguir ser un medio de difusión de la investigación, el desarrollo y la innovación que sobre las tecnologías de la educación y aprendizaje se viene realizando en el ámbito iberoamericano. Empezamos con una periodicidad de dos números por año para conseguir en régimen permanente una periodicidad de 4 números por año, hecho que conseguimos en el año 2009. Desde aquel primer número de Noviembre de 2006 hasta este último de Noviembre 2012 hemos publicado un total de 21 números, y 126 artículos (además de 19 editoriales de las correspondientes ediciones especiales).

IEEE-RITA fue aprobada por el Comité Administrativo de la Sociedad de la Educación del IEEE, en su reunión celebrada el 19 de Junio de 2006, como un proyecto piloto de nuevas vías de transmisión de la información y el conocimiento, y como publicación oficial de la Sociedad de Educación del IEEE en la reunión del Comité Administrativo celebrado el 20 de Octubre de 2009, estando pendiente en ese momento de la aprobación final del Comité de Publicaciones del IEEE.

Desde aquel Noviembre de 2006 nos propusimos como uno de nuestros principales objetivos conseguir que IEEE-RITA fuese aprobada como una publicación oficial del IEEE por el Comité de Publicaciones del IEEE así como su indexación. Y finalmente este reconocimiento llegó el pasado Junio (2012).

Así pues, IEEE-RITA es ya una publicación oficial del IEEE. Con las siguientes características:

- Los artículos seguirán siendo enviados en español o portugués, y una vez revisados y aprobados se publicarán en acceso abierto en español y portugués.
- Una vez publicados en español o portugués, los autores pueden traducir su artículo al inglés, y tras otra revisión técnica más centrada en el idioma inglés, el artículo podrá publicarse en inglés dentro del IEEEExplore, y accesible sólo para los inscritos en IEEEExplore. Esta última versión es la que contará a efectos de IEEE y de indexación en JCR. actualmente el acceso es gratuito para los miembros de la Sociedad de Educación del IEEE.

Por lo tanto aquellos autores que envíen sus trabajos a IEEE-RITA podrán verlos publicados en abierto en español/portugués y luego en IEEE Xplore en inglés. Y esta última será la que se indexe a efectos de poder estar en el JCR (Journal Citation Report), que esperamos conseguir en unos tres años. Por supuesto que el factor de impacto el JCR dependerá en parte por el apoyo que nosotros mismos como comunidad damos a IEEE-RITA.

IEEE-RITA fue lanzada en Noviembre de 2006 por el Capítulo Español de la Sociedad de la Educación del IEEE (CESEI), y apoyada por el Ministerio Español de Educación y Ciencia a través de la acción complementaria TSI2005-24068-E. Posteriormente fue apoyada por

el Ministerio Español de Ciencia e Innovación a través de las acciones complementarias TSI2007-30679-E, y TIN2009-07333-E/TSI. La colaboración del Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE proporcionó una cobertura lingüística que una revista iberoamericana necesita.

Desde aquí reiteramos nuestro agradecimiento a los Ministerios de Educación y Ciencia y al de Ciencia e Innovación de España por su apoyo desde el principio de nuestra andadura, sin el cuál seguramente IEEE-RITA no hubiera visto la luz.

Una característica de IEEE-RITA desde su lanzamiento y que queremos mantener en esta nueva etapa (en su versión española/portuguesa) es su acceso libre y gratuito a toda la comunidad internacional. La actual crisis económica mundial, agudizada en España, hace que para mantener esta característica tengamos que cambiar de modelo de publicación. Aunque los costes de funcionamiento de IEEE-RITA no son grandes, tampoco son

nulos. Ante la ausencia de patrocinios y ayudas, hace que tengamos que pasar a un modelo de pago (open access) por publicación: inicialmente alrededor de 175 euros por artículo. Pensamos que es una cantidad modesta máxime en comparación con otras iniciativas similares de publicación, y modesta también si la comparamos con las tasas de registro de cualquier congreso. Pero esa cantidad es suficiente para seguir manteniendo el carácter abierto y gratuito de acceso a los artículos de IEEE-RITA en español y portugueses.

Finalmente, queremos agradecer a todos los miembros del consejo editorial, del comité científico y del comité de revisores de IEEE-RITA, pues con su trabajo desinteresado durante estos años han hecho posible el alto grado de calidad de los artículos de IEEE-RITA. ¡Y a la Sociedad de Educación del IEEE por animar y acoger la iniciativa!

Amimaos todos y a seguir publicando es esta nueva etapa. ¡Buen 2013!

IEEE-RITA: Uma Nova Etapa

Martín Llamas Nistal, Senior Member IEEE e Manuel Castro, Fellow IEEE

Editores de IEEE-RITA

(Traduzido por Carlos Vaz de Carvalho)

Em Novembro de 2006 começou o caminho da IEEE-RITA com a intenção de ser um meio de divulgação da investigação, desenvolvimento e inovação na área das tecnologias educativas realizadas no âmbito ibero-americano. Começamos com uma periodicidade de duas edições por ano para atingir, em permanência, os quatro números por ano em 2009. Desde a primeira edição, em novembro de 2006, até ao último número de novembro de 2012, publicamos um total de 21 números e 126 artigos (mais 19 editoriais das edições especiais).

A IEEE-RITA foi aprovada pelo Comitê de Administração da Sociedade de Educação do IEEE em reunião realizada em 19 de junho de 2006, como um projeto-piloto para novas formas de transmissão da informação e do conhecimento. Foi aprovada como publicação oficial da Sociedade de Educação IEEE na reunião da Comissão Administrativa realizada em 20 de outubro de 2009 ficando pendente, em processo de aprovação final, pela Comissão de Publicações do IEEE.

Desde novembro de 2006 que definimos como um dos nossos principais objetivos que a IEEE-RITA fosse aprovada como uma publicação oficial do IEEE pela Comissão de Publicações do IEEE e a sua correspondente indexação. E, finalmente, o reconhecimento veio em junho passado (2012).

Assim, a IEEE-RITA já é uma publicação oficial do IEEE com as seguintes regras:

- Os artigos serão enviados em Espanhol ou Português, e uma vez

revistos e aprovados, serão publicados em Espanhol ou Português, em acesso aberto.

- Uma vez publicado em Espanhol ou Português, os autores podem traduzir o artigo para Inglês, e depois de outra revisão técnica mais focada no idioma Inglês, o artigo pode ser publicado em Inglês dentro da IEEEExplore, sendo acessível apenas aos utilizadores registados no IEEEExplore. Esta última versão é a que vai contar para efeito de indexação IEEE e JCR. Atualmente o acesso é gratuito para membros da Sociedade de Educação do IEEE.

Portanto, os autores que submetam os seus trabalhos à IEEE-RITA poderão vê-los publicados em Espanhol / Português e em Inglês no IEEEExplore. Esta última versão será indexada para poder estar no JCR (Journal Citation Report) o que se espera alcançar em três anos. É claro que o factor de impacto JCR vai depender, em parte, do apoio que dermos a nós mesmos como uma comunidade.

IEEE-RITA foi lançada em novembro de 2006 pelo Capítulo Espanhol da Sociedade de Educação do IEEE (CESEI), e apoiada pelo Ministério da Educação e Ciência através da ação complementar TSI2005-24068-E. Mais tarde foi apoiada pelo Ministério de Ciência e Inovação através das ações complementares TSI2007-30.679-E, e TIN2009-07333-E/TSI. A colaboração do Cap. Português da Sociedade de Educação do IEEE veio

dar a abrangência linguística que uma revista ibero-americana necessita.

Desta forma, reiteramos os nossos agradecimentos aos Ministérios da Educação e da Ciência e da Ciência e Inovação de Espanha, pelo seu apoio desde o início do nosso caminho, sem o qual a IEEE-RITA provavelmente não teria visto a luz do dia.

Uma característica da IEEE-RITA, desde o seu lançamento, e que queremos manter nesta nova fase (na sua versão espanhola/portuguesa) é o livre acesso a toda a comunidade internacional. No entanto, a atual crise económica mundial, agravada em Espanha e Portugal, obriga-nos a mudar o modelo de publicação para manter esse compromisso. Embora os custos operacionais da IEEE-RITA não sejam grandes não são nulos. A ausência de patrocínios e doações obriga-nos a mudar para um modelo pago (acesso

aberto) de publicação de cerca de 175 euros por artigo. Achamos que é uma quantia modesta especialmente em comparação com outras iniciativas semelhantes, e também quando comparada com as taxas de inscrição em qualquer conferência. Mas será o suficiente para continuar a manter o acesso livre e gratuito a artigos da IEEE-RITA em Espanhol e Português.

Finalmente, queremos agradecer a todos os membros do conselho editorial, do comité científico e do comité de revisores da IEEE-RITA, uma vez que o seu trabalho desinteressado durante estes anos tornou possível o alto grau de qualidade dos artigos da IEEE-RITA. E à Sociedade de Educação do IEEE por animar e acolher a iniciativa!

Celebremos todos e a seguir publicando nesta nova etapa. Feliz 2013!

Edição Especial: Computação Social Aplicada a E-learning

José Valdeni De Lima e José Palazzo Moreira de Oliveira

A IEEE-RITA, Revista Iberoamericana de Tecnologías de Aprendizagem, é uma publicação associada à Sociedade da Educação da IEEE. Esta publicação é direcionada a comunidade iberoamericana, não apenas geograficamente, mas também de forma a abranger mundialmente todos os investigadores da língua espanhola e portuguesa. Desde a sua primeira publicação em 2006 até o presente momento já foram publicados sete volumes, envolvendo áreas da educação, tecnologias e e-learning.

O objetivo desta revista é discutir e difundir o uso das tecnologias de informação e comunicação (TICs), focando principalmente nas possibilidades, limitações, avanços e potencialidades educacionais destas tecnologias digitais. Neste ano foi lançada uma Edição Especial: Computação Social Aplicada a E-learning. Com esta edição almeja-se divulgar os resultados dos artigos selecionados e apresentar à comunidade acadêmica os aspectos da computação social, permitindo desta forma contribuir para futuras discussões sobre o tema. Assim, os cinco (5) artigos desta edição têm por objetivo retratar aspectos que envolvam o uso das tecnologias e sua aplicação social, bem como discutir o potencial pedagógico e inclusivo das mesmas.

Para tanto, o artigo **As Redes Sociais e a Qualidade de Vida: os idosos na era digital** apresenta como o uso das TICs pode auxiliar os idosos a desfrutar e se incluir na sociedade do conhecimento, principalmente pelas Redes Sociais Digitais (RSD) onde eles podem manter contato com as suas famílias e amigos. O artigo investiga a influência das RSDs na qualidade de vida dos idosos e, como resultado, mostra um público ativo formado por sujeitos que usam a rede principalmente para a comunicação e troca de informação, evitando o isolamento social.

Por sua vez, o artigo **Um Agente Pedagógico Animado de Apoio à Aprendizagem Baseada em Problema** apresenta a teoria de aprendizagem baseada em problema (ABP) que enfatiza a colaboração e trabalho em grupo como forma de solucionar um problema. No entanto, frequentemente observa-se na implementação da ABP a presença de estudantes passivos que normalmente têm dificuldades em trabalhar em grupo ou que estão desmotivados durante o processo de ensino aprendizagem. Um aspecto que pode influenciar positivamente o processo da ABP é a recomendação sensível ao contexto de Objetos de Aprendizagem (OA). Com este objetivo, o artigo apresenta uma abordagem baseada em um agente pedagógico animado e três outros agentes para a detecção dos estudantes passivos e para recomendação, através da rede, de OAs de acordo com o contexto do estudante.

Já, o artigo **Desarrollo de Contenidos de Aprendizaje con Herramientas Sociales. Learner Generated Content in Ingeniería** presenta a descrição do processo de criação do conteúdo de aprendizagem por um grupo de estudantes do primeiro semestre do curso de engenharia que construiu colaborativamente um blog sobre aplicações da vida real dos conceitos físicos estudados. Foram identificadas características que definem a aprendizagem significativa durante o desenvolvimento da tarefa proposta, bem como, a análise das vantagens e dos problemas relacionados ao uso das aplicações web 2.0 e das ferramentas de aprendizagem da internet.

O estudo apresentado no artigo **O uso do Moodle como ferramenta de ensino colaborativo: um estudo focado no Wiki** teve o intuito de avaliar a ferramenta Wiki do Moodle de acordo com o desempenho dos estudantes. Foi realizada uma pesquisa com os estudantes que utilizavam o Ambiente Virtual de Aprendizagem, no qual eles tinham como atividade a construção de um texto colaborativo, apresentando a importância/consequência do uso das TICs nas empresas de pequeno e médio porte da região de Sant'Ana do Livramento no sul do Brasil.

Por fim, o artigo **Aumentando a flexibilidade de um sistema e-learning adaptativo através da abordagem responsive web design** propõe o uso de técnicas responsive web design em um sistema de e-learning adaptativo, em uso em algumas universidades brasileiras, a fim de torná-lo mais flexível e adaptável às tecnologias existentes, facilitando seu uso. Pois, atualmente, a Web é acessada por diferentes pessoas e dispositivos, e esta variedade tem dificultado o desenvolvimento de sistemas flexíveis que são ajustados de acordo com a resolução e o tipo de dispositivo do usuário.

A Comissão Editorial da IEEE-RITA agradece as contribuições dos pesquisadores, professores, alunos pela excelente produção intelectual submetida na presente revista e convida a comunidade iberoamericana a apreciar os artigos publicados nesta edição e a rede SOLITE (ACCIÓN DE COORDINACIÓN de CYTED 508AC0341 "SOFTWARE LIBRE EN TELEFORMACIÓN") pelo apoio necessário para que esta edição especial fosse possível.

Comissão Editorial
José Valdeni De Lima
José Palazzo Moreira de Oliveira



José Valdeni de Lima possui Graduação em Processamento de Dados pela Universidade Federal do Ceará (1978), Mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1982) e doutorado em Informática pela Université Joseph Fourier (antiga Université Scientifique Et Medicale) - Grenoble I (1990). Atualmente é professor Associado II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas Hipermídias atuando principalmente nos seguintes temas: Aprendizagem Ubiqua, Hiperdocumentos como Objetos de Aprendizagem, Sistemas de Recomendação, Awareness, Workflow e Sistemas Cooperativos (CSCW).



José Palazzo M. de Oliveira é Professor Titular do Instituto de Informática da UFRGS. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1968), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1976) e doutorado em Informática pelo Instituto Nacional Politécnico de Grenoble (1984). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação, atuando principalmente nos seguintes temas: ontologia, modelagem conceitual, ensino a distância, banco de dados, sistemas de informação e sistemas na Web. É membro da Comissão de Educação da SBC. Foi Coordenador do PPGC/UFRGS, participou da criação dos programas de doutorado em Computação e Administração da UFRGS, foi vice-presidente da Câmara de PG da UFRGS, membro do Comitê Assessor em Ciência da Computação do CNPq - CA-CC, coordenador do Comitê de Matemática, Estatística e Computação - MEC - da Fundação de Amparo à Pesquisa do RS - FAPERGS e implantou o Curso de Informática Instrumental para professores do Ensino Médio oferecido pela UFRGS para a UAB.

As Redes Sociais e a Qualidade de Vida: os Idosos na Era Digital

Anelise Jantsch, Letícia Rocha Machado, Patrícia Alejandra Behar e José Valdeni de Lima (*Member IEEE*)

Title – The Social Networks and the Quality of Life: the elderlies in digital age.

Abstract — the use of ICT can help the elderlies to enjoy and include themselves in the knowledge society, mostly by the Digital Social Networks where they can relate with family and friends. The Digital Social Network (DSN) is a means that allow changes in social relationships. This paper intended to investigate the DSN influence in the quality of life of the elderlies. For this purpose, we applied two investigation instruments to collect the data, including WHOQOL-bref of the World Health Organization in a sample of 19 elderlies that participate of a digital inclusion course. As result we found an active audience that participates in the web, and they use the DSN mainly for communication and exchange information as a form to maintain the exist relations and obtain new ones. This shown to us that the use of DSN can aid the quality of life for elderlies.

Index Terms—Professional Communication, Social Network Services, Computer Mediated Communication, Facebook.

I. INTRODUÇÃO

NO mundo contemporâneo em que se destaca o novo, o instantâneo e o diferente, percebe-se uma inversão de papéis no que diz respeito a etapas da vida e valorização dos indivíduos. A velhice, nas sociedades ocidentais, frequentemente tem sido associada à inatividade e ao declínio biológico. Para reforçar este pensamento encontra-se o culto à juventude que domina a mídia, a publicidade e a sociedade contemporânea [2].

O envelhecimento não é somente uma questão genética e biológica, mas também, uma questão psíquica e social. O mesmo é natural ao desenvolvimento da vida e está sujeito a implicações do ambiente ao qual se está inserido, bem como do aspecto sociocultural [3].

Atualmente as TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), têm contribuído para a difusão do conhecimento por diversos meios, utilizando para isso

ferramentas digitais. Estas ferramentas permitem não só a pesquisa, mas também oferecem condições para que o conhecimento seja compartilhado e socializado. Assim, estas tecnologias podem ajudar as pessoas idosas a diminuir o isolamento e a solidão, aumentando as possibilidades de manter contato com familiares e amigos, incluindo suas relações sociais através da utilização das redes sociais digitais como uma ferramenta facilitadora para a concretização do envelhecimento ativo [10].

O envelhecimento ativo [15] é definido como um processo de otimização de oportunidades para a saúde, participação e segurança no sentido de aumentar a qualidade de vida a medida que se envelhece, ou seja, implica em autonomia, independência e expectativa de vida saudável. Portanto o objetivo é proporcionar aos idosos uma maior integração e motivação em sua vida laboral e social por mais tempo, contando com o auxílio de políticas sociais de participação, prevenção, intervenção e reabilitação, tanto no que diz respeito à educação, quanto à saúde [10].

O uso das TIC para facilitar o acesso de idosos à sociedade da informação, principalmente nas relações familiares e sociais, pode ser uma motivação para uma maior convivência e consequentemente melhoria na qualidade de vida. Sendo as redes sociais digitais (RSD) um meio que pode possibilitar uma mudança nas relações sociais, a presente pesquisa pretende investigar a influência no uso das RSD na qualidade de vida de idosos que já estão incluídos digitalmente e utilizam este tipo de ferramenta.

Para tanto, o artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresentará o conceito de Qualidade de Vida e a importância das redes sociais para os idosos. Na seção 3 apresenta a evolução do uso das tecnologias pelos idosos, bem como o uso das redes sociais digitais para este público. Já na seção 4 é detalhada a pesquisa realizada, bem como discussão dos dados coletados na seção 5. Por fim, a seção 6 apresenta algumas considerações quanto ao trabalho realizado e suas implicações para a educação e gerontologia.

II. A QUALIDADE DE VIDA E AS REDES SOCIAIS

A Organização Mundial de Saúde (OMS) refere-se à qualidade de vida como a percepção individual da pessoa acerca de sua posição na vida, segundo o contexto cultural, o sistema de valores no qual convive, considerando seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações, em acordo com três princípios fundamentais: capacidade funcional, nível socioeconômico e satisfação [13], [11].

A qualidade de vida e a satisfação na velhice têm sido relacionadas à diáde dependência-autonomia, levando-se em consideração os efeitos da idade. Há pessoas que apresentam declínio no estado de saúde e nas competências cognitivas precocemente, enquanto outras vivem saudáveis até atingirem idades muito avançadas [4].

Jantsch, A. A autora é do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação; Universidade Federal do Rio Grande do Sul Brasil (55 51 33084207; e-mail: anelise.jantsch@gmail.com).

Machado, L.R. A autora é do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação; Universidade Federal do Rio Grande do Sul Brasil (55 51 91344112; e-mail: leticiamachado@yahoo.com.br).

Behar, P. A. A autora é do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Núcleo de Tecnologia Digital aplicada à Educação/NUTED; Universidade Federal do Rio Grande do Sul Brasil (55 51 33083901; e-mail: pbehar@terra.com.br).

Lima, J.V. O autor é do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Vice-coordenador do PPGIE; Universidade Federal do Rio Grande do Sul Brasil (55 51 33084208; e-mail: valdeni@inf.ufrgs.br).

DOI (Digital Object Identifier) pendiente.

No estudo de Silva et.al. [11], a qualidade de vida na velhice pode ser compreendida como a manutenção da saúde em todos os aspectos da vida humana: físico, social, psíquico e espiritual. A multidimensionalidade da pessoa nem sempre apresenta o equilíbrio ideal e precisa ser percebido de acordo com as possibilidades reais de cada sujeito. Do ponto de vista do relacionamento social, a população idosa sofre um processo crescente de isolamento social na medida em que se desliga do trabalho ou pela emancipação dos filhos.

Conhecer o que pensam os idosos sobre qualidade de vida é importante para se entender como eles adotam práticas de saúde e se comportam frente ao próprio envelhecimento. Isto é importante para entender a velhice como um fenômeno de natureza psicossocial que revela uma realidade social, demandando sérias reflexões por parte dos profissionais de saúde, educadores, familiares, governantes e da sociedade em geral.

Pesquisas sobre a compreensão das redes sociais e sua importância para a vida dos mais velhos vem ocorrendo há muitos anos. Os grupos de convivência funcionam muitas vezes como uma segunda família, onde os idosos procuram além de uma ocupação para aquele tempo considerado livre, o estabelecimento de vínculos afetivos. As pessoas mais velhas buscam espaços de convivência que permitam a escuta, uma vez que, na maioria dos ambientes familiares, não é permitida a sua participação nas decisões. A representação desses grupos como espaço de escuta reforça a negação da participação de diálogos no seio familiar, levando-os a viver sentimentos de desvalorização, isolamento, depressão e autoimagem negativa [9], [1]. Desta forma, os idosos encontraram no grupo de convivência o sentimento de pertença e de vinculação social.

A natureza de uma rede social de indivíduos tem um forte impacto em sua qualidade de vida, pois aqueles que possuem um grande número de diferentes tipos de relacionamentos vivem mais, e as taxas de mortalidade são mais altas entre aqueles que possuem poucas conexões sociais. Laços sociais fortes tendem também a aliviar a depressão, aumentar a satisfação com a vida e estimular o interesse em atividades diárias [12].

Nesta seção foi apontada a importância das redes sociais para a aquisição e manutenção da qualidade de vida durante o envelhecimento. A seguir será apresentado de que forma as redes sociais digitais podem cumprir o papel de inclusão e de socialização para os idosos.

III. OS IDOSOS E AS REDES SOCIAIS DIGITAIS

A era digital tomou forma na década de 90, mas foi no início do século XXI que esta se tornou essencial à sociedade moderna. Contudo, mesmo em pleno mundo contemporâneo, do avanço tecnológico e do ciberespaço, grande parte da população vive à margem desta realidade, sendo excluída das novidades e facilidades, como o acesso à tecnologia. Dentre estes excluídos do mundo digital, estão os adultos idosos, que encontram dificuldades em se afirmar e de se posicionar frente a estas novas práticas culturais no ciberespaço.

O interesse em fazer parte das redes sociais tem como razão os locais onde ocorrem as interações sociais: 1) o lar, a interação com os familiares; 2) o trabalho, onde se passa a maior parte das horas, e, por conseguinte, onde mais se interage; e 3) o lazer, festas, cinema, etc. Pela atual rotina da sociedade, as pessoas possuem cada vez menos tempo para

as interações – principalmente para as do terceiro tipo. Assim, o aumento do uso de ferramentas de comunicação mediada pelo computador poderia representar, justamente, um esforço no sentido contrário, em direção ao social [3].

Deste modo, as pessoas acabam buscando formas alternativas de socialização. Com cada vez mais recursos, a Internet representa o espaço e a capacidade de alteração nos meios e tipos de interação social entre as pessoas, fazendo com que o modo como as pessoas se relacionam também se modifique.

A tecnologia contribui com a interação entre as pessoas, principalmente no caso dos idosos que frequentemente possuem a mobilidade reduzida em função de problemas de saúde ou por questões de insegurança das cidades. Esta interação somente é possível pela facilidade disponibilizada pela Internet em adotar meios de comunicação síncronos ou assíncronos que viabilizam a aproximação com amigos e familiares. Assim, o público mais velho não somente irá receber notícias, mas também poderá vê-los e escutá-los, fazendo com que se sinta parte da vida destas pessoas, mesmo estando distante. Portanto, embora muitos idosos vejam o computador como algo delicado e fora de suas condições e habilidades, frente a um dilema como a distância de um ente querido, acabam colocando a prova, e tentando compreender seu uso.

Os mais velhos buscam na Internet a possibilidade de se reinserir na sociedade e em seus grupos de relacionamentos. Ao compreender seu funcionamento, eles criam subsídios que servirão de assunto em interações futuras com amigos e familiares – é o modo que encontraram de estar presentes no mesmo universo que seus filhos, netos e sobrinhos.

As redes sociais digitais (RSD) são descritas como espaços *online* em que os indivíduos usam para se apresentar e para estabelecer ou manter conexão com outros. Atualmente as RSD tornaram-se a quarta atividade mais popular a frente do e-mail e conta com quase 10% de todo o tempo gasto na Internet [6]. Com grande representatividade, o *Facebook* surge como uma das redes sociais digitais mais utilizadas em todo o mundo, como um espaço de encontro, partilha, interação e discussão de ideias e temas de interesse comum. É um ambiente informal em que qualquer indivíduo incluindo o cidadão idoso pode comunicar, partilhar e interagir com a finalidade de melhorar sua interação social. Esta ferramenta digital pode se tornar facilitadora para o processo de envelhecimento ativo. Para os idosos esta ferramenta possui todas as potencialidades que lhes permitem quebrar o seu isolamento e intervir de forma ativa com os demais [10].

Os idosos estão reconhecendo que eles têm muito a ganhar com o uso das RSD, pois a maioria deles fica *online* para mandar e-mails, para reunir informações de *hobbies*, notícias, informações sobre saúde, navegar por diversão, obter atualizações do clima, além da comunicação [6]. Os idosos podem perceber a RSD como uma atividade mais de entretenimento que os ajude a manter contato com familiares e conhecidos, e assim, esta apreciação pode influenciar positivamente no uso da tecnologia, além de beneficiar a qualidade de vida.

Para que haja uma compreensão melhor sobre as RSD e a qualidade de vida de idosos, a seguir será apresentado o estudo realizado a partir da aplicação do questionário WHOQOL-bref sobre qualidade de vida em um grupo de 19 idosos e como eles percebem o uso das redes sociais digitais para uma melhoria em sua interação social.

IV. METODOLOGIA

As redes sociais sempre fizeram parte das interações humanas. Com a evolução tecnológica estas foram estabelecidas de outras formas, sendo dinamizadas a partir do virtual. Os idosos, por estarem mais conectados na Internet a cada ano, também usufruem desta tecnologia e se efetivam como um público ativo nas redes sociais.

Neste contexto, para o presente artigo foi realizada uma pesquisa quali-quantitativa voltada para o uso das redes sociais digitais pelos idosos e a influência na qualidade de vida deste público. Os 19 pesquisados possuem idade igual ou superior a 60 anos e participaram entre os anos de 2009 e 2011 de um curso de inclusão digital desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Brasil. O curso teve como objetivo capacitar pessoas mais velhas para o uso de diferentes tecnologias digitais.

Desta forma, a coleta de dados foi realizada através da aplicação de dois instrumentos, além de observações virtuais interpretativas nas interações dos participantes nas RSD. Para que houvesse uma complementação nos dados referentes às redes sociais, foi utilizado o instrumento WHOQOL-bref [17] que analisa os aspectos voltados para qualidade de vida em diferentes domínios. Os instrumentos foram aplicados após o uso das redes sociais digitais.

O termo qualidade de vida foi definido pelo Grupo de Qualidade de Vida da Organização Mundial da Saúde como “a percepção do indivíduo de sua posição na vida, no contexto da cultura e sistema de valores nos quais ele vive e em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações”. Assim, inicialmente foi desenvolvido um instrumento de avaliação de qualidade de vida com 100 questões (o WHOQOL-100) [13].

A necessidade de instrumentos curtos que demandem pouco tempo para seu preenchimento, mas com características psicométricas satisfatórias, fez com que o Grupo de Qualidade de Vida da OMS desenvolvesse uma versão abreviada do WHOQOL-100, o WHOQOL-bref [17].

O WHOQOL-bref consta de 26 questões, sendo duas questões gerais de qualidade de vida e as demais 24 representam cada uma das 24 facetas que compõe o instrumento original. Assim, diferente do WHOQOL-100 em que cada uma das 24 facetas é avaliada a partir de quatro questões, no WHOQOL-bref cada faceta é avaliada por apenas uma questão. Os dados que deram origem à versão abreviada foram extraídos do teste de campo de 20 centros em 18 países diferentes. O WHOQOL-bref é composto por quatro domínios: físico, psicológico, relações sociais e meio ambiente. Para este artigo, foram utilizados principalmente alguns tópicos específicos do domínio “Meio ambiente” e “Relações Sociais” a fim de relacionar com o uso das redes sociais digitais.

Além do WHOQOL-bref o estudo também contou com questões de múltipla escolha e dissertativas voltadas especificamente para o uso das RSD. Estes dois instrumentos irão se complementar na análise e enriquecer a compreensão sobre o uso das redes e a influência na qualidade de vida dos idosos. Os dados de natureza quantitativa foram analisados a partir da distribuição de frequência representada em percentuais, média e desvio padrão, e apresentados em forma de gráficos. Os dados de natureza qualitativa foram embasados a partir de Bardin [15] no que tange a análise de conteúdo.

V. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Participaram ao todo da pesquisa 19 idosos com média de 67 anos, sendo na sua maioria com escolaridade de ensino superior completo (44%), seguido do ensino médio completo (33%) e ensino fundamental completo (23%).

Primeiramente serão demonstrados os dados relacionados com o uso das redes sociais digitais, seguido dos dados específicos sobre qualidade de vida finalizando com a discussão conjunta dos dados.

Ao serem questionados sobre o uso das RSD, os idosos confirmaram que utilizam com frequência (64% usa uma ou mais vezes por semana a rede social), sendo a RSD predominante o *Facebook* (75%) seguido respectivamente do *Orkut* (11%) e *Tumblr* (11%), sendo que apenas 3% atestaram usar o *Twitter*.

Em relação ao uso, os idosos apontaram que as utilizam para fins de comunicação, seguido do lazer e trabalho (Figura 1). A comunicação ainda predomina como o principal objetivo no uso das ferramentas digitais, sendo apontado por 95% dos participantes entrevistados.

Já em relação as vantagens no uso das redes, os idosos indicaram principalmente a troca de informações e a possibilidade de reencontrar pessoas do passado (Figura 2).

Em contrapartida, os riscos que os idosos vislumbram no uso das redes sociais estão associados principalmente com a divulgação de dados pessoais e invasão de privacidade (Figura 3). Por desconhecerem algumas funcionalidades e dicas de segurança na rede, os idosos acabam tendo receio de serem vítimas de golpes pelo acesso aos seus dados pessoais e bancários.



Fig. 1. O uso das redes sociais digitais por idosos

Fonte: os autores (2012)

Vantagens no uso das redes sociais

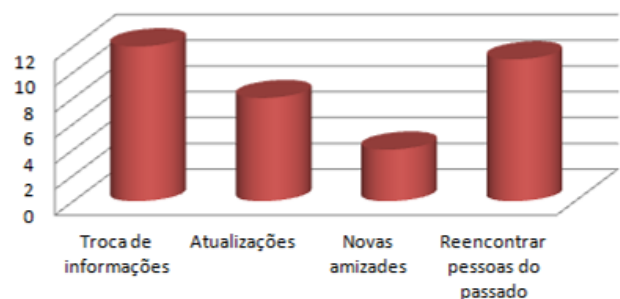


Fig. 2. Vantagens apontadas pelos idosos no uso das redes sociais digitais

Fonte: os autores (2012)

Riscos na utilização das redes sociais



Fig. 3. Riscos de acordo com o idoso na utilização das redes sociais digitais
Fonte: os autores (2012)

Para os idosos, as redes sociais influenciam a opinião das pessoas. De acordo com a figura 4, 74% dos entrevistados confirmaram que este tipo de ferramenta pode exercer uma influência.

Em relação aos relacionamentos formados nas RSD (amizade, sexual), os idosos na sua maioria, apontaram que acreditam que possam ocorrer relacionamentos concretos, apesar de nunca terem passado por tal situação (72%). Os relacionamentos concretos referem-se àqueles que iniciaram no virtual e tornaram-se presencial/real. No mesmo panorama, 14% apontaram que não acreditam que este relacionamento possa ocorrer e, por sua vez, 14% indicaram que sim e já passaram por esta experiência (Figura 5).

Os dados obtidos sobre o uso das RSD mostraram um público ativo e participativo nas redes, e que as utilizam principalmente para se comunicar e trocar informações. As relações estabelecidas nas RSD refletem o público e suas características, uma vez que, conforme os dados até aqui encontrados, são interações de longo prazo que são reestabelecidas com o apoio da tecnologia, denotam a importância deste tipo de relação para o público idoso.

Ao mesmo tempo, os dados mostraram um público preocupado com o impacto das RSD no cotidiano, principalmente pela invasão de privacidade e a influência que este tipo de ferramenta pode gerar na população em geral com informações fidedignas ou não.

Já em relação aos dados da qualidade de vida, todos os dados coletados no WHOQOL-bref mostraram uma predominância alta (5) na qualidade de vida dos idosos nos diferentes domínios (Figura 6).

Para sustentar a discussão sobre as redes sociais digitais, alguns aspectos foram destacados nos domínios “Meio ambiente” e “Relações sociais”, conforme serão abordados a seguir.

Influência das redes sociais na opinião das pessoas

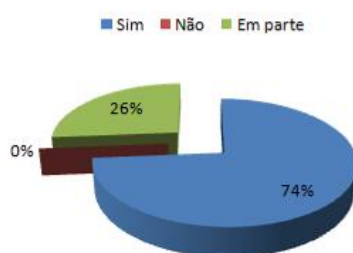


Fig. 4. Influência das redes sociais digitais na opinião das pessoas, de acordo com os idosos.
Fonte: os autores (2012)

Formação de relacionamentos concretos nas redes sociais

■ Sim, já construiu uma ou mais amizades através de redes sociais
■ Sim, mas nunca ocorreu comigo
■ Não

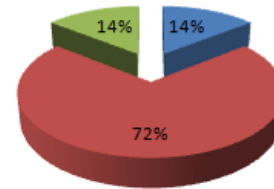


Fig. 5. Formação de relacionamento concretos, de acordo com os idosos, a partir das interações virtuais das redes sociais digitais
Fonte: os autores (2012)

Qualidade de Vida

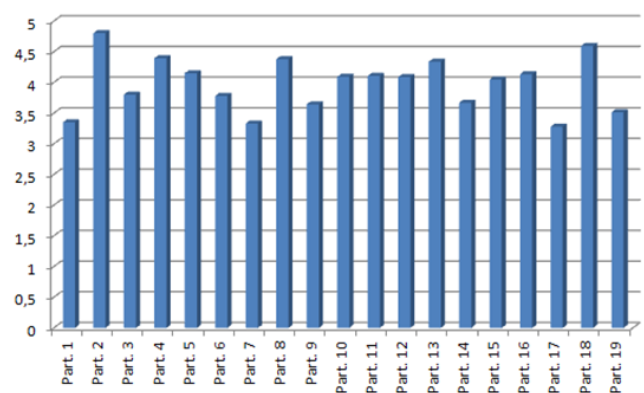


Fig. 6. Qualidade de vida
Legenda: Part. = Participantes
Fonte: os autores (2012)

No domínio *Relações sociais*, referente ao aspecto “Relações sociais”, os idosos apontaram estarem completamente satisfeitos (53%). Já considerando o aspecto “Suporte (apoio) social” os participantes (47%) também mostraram estar completamente satisfeitos com o apoio social que possuem (Figura 7).

Já sobre o domínio *Meio ambiente*, os aspectos considerados foram três, conforme serão abordados. Sobre o aspecto “Oportunidades de adquirir novas informações e habilidades” os idosos mostraram não estar completamente satisfeitos, mas sim muito satisfeitos (47%). Em relação a “Participação e oportunidades de recreação/lazer”, foi apontado um número médio de participantes satisfeitos (37%), seguido de completamente satisfeitos (32%). Considerando o aspecto “Cuidados de saúde e sociais: disponibilidade e qualidade” os resultados apontam uma satisfação completa (37%) (Figura 8).

Os dados coletados sobre RSD e qualidade de vida, através do WHOQOL-bref mostraram um público incluído socialmente, onde as relações sociais estão todas estabelecidas, refletindo na melhoria da qualidade de vida. Conforme um dos idosos comentou: “Retomar a vida social ou reforçar”.

Os participantes pesquisados mostraram uma preocupação em estarem informados, principalmente pela quantidade de vezes que entram em uma RSD e nos resultados obtidos no WHOQOL-bref (Figura 8) no que tange o aspecto “Oportunidades de adquirir novas

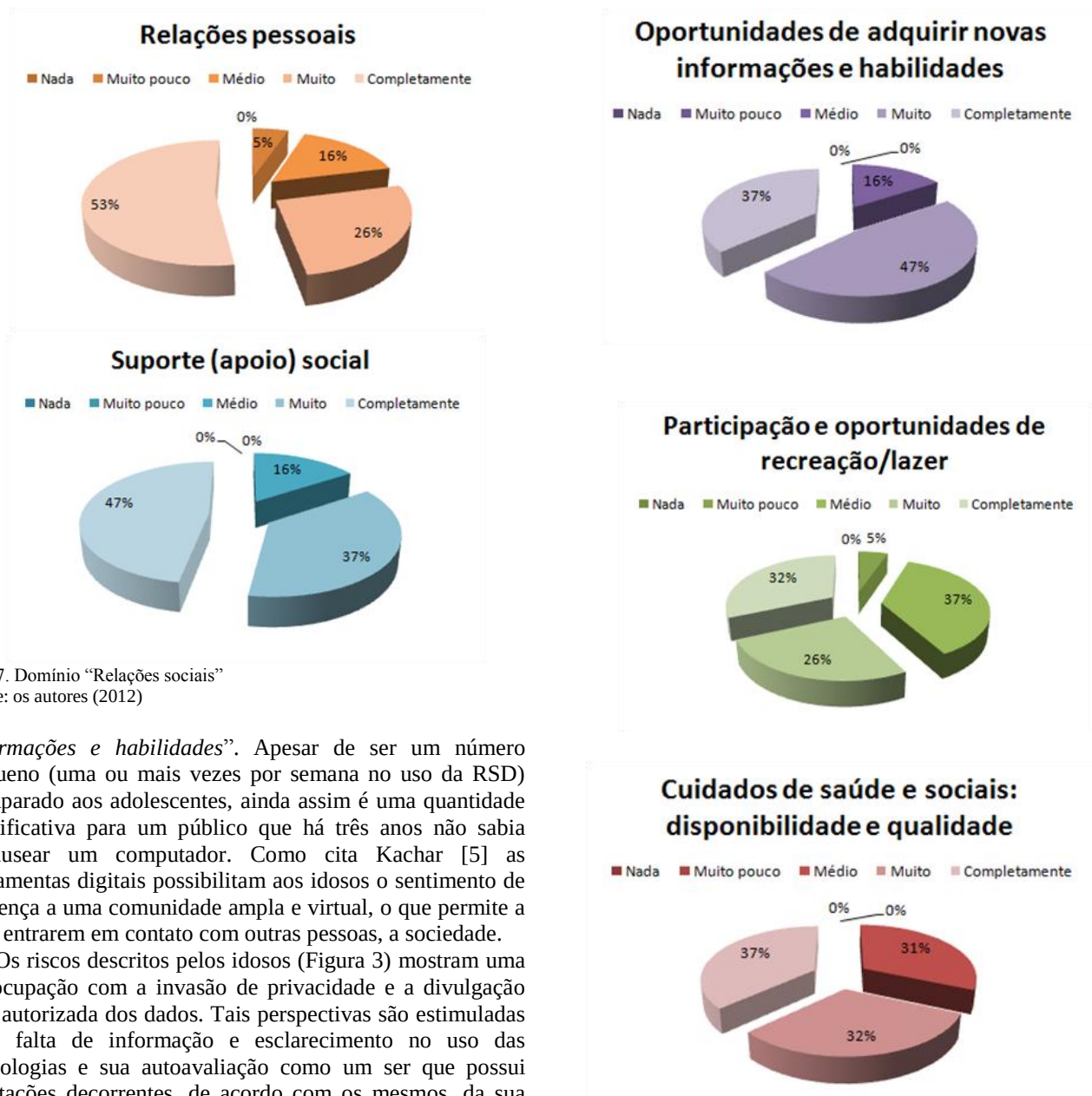


Fig. 7. Domínio “Relações sociais”
Fonte: os autores (2012)

informações e habilidades”. Apesar de ser um número pequeno (uma ou mais vezes por semana no uso da RSD) comparado aos adolescentes, ainda assim é uma quantidade significativa para um público que há três anos não sabia manusear um computador. Como cita Kachar [5] as ferramentas digitais possibilitam aos idosos o sentimento de pertença a uma comunidade ampla e virtual, o que permite a eles entrarem em contato com outras pessoas, a sociedade.

Os riscos descritos pelos idosos (Figura 3) mostram uma preocupação com a invasão de privacidade e a divulgação não autorizada dos dados. Tais perspectivas são estimuladas pela falta de informação e esclarecimento no uso das tecnologias e sua autoavaliação como um ser que possui limitações decorrentes, de acordo com os mesmos, da sua idade. Estes dados são corroborados com os coletados no WHOQOL-bref e com a fala de um dos participantes da pesquisa “O idoso, assim como as crianças, é facilmente manipulado”.

A comunicação ainda continua sendo o principal aspecto no uso das tecnologias pelos idosos (figura 1) e corroborado com o que foi apontado pelos mesmos (figura 7) no que tange a qualidade de vida. As falas dos idosos sempre levam a este aspecto (“Comunicação com amigos e familiares, fazer novas amizades”, “Comunicação facilitada, informação rápida”, “Comunicações, reencontros, entretenimento e novas amizades”).

Arelada à comunicação está a construção de relações sociais com familiares, amigos ou mesmo desconhecidos. Os idosos confirmaram que acreditam na possibilidade de construção de relacionamentos concretos a partir dos estabelecidos no virtual (Figura 5). Os relacionamentos sociais são considerados primordiais para uma qualidade de vida satisfatória e neste grupo, o WHOQOL-bref (Figura 7) mostrou que há relações pessoais satisfatórias no referido grupo. Estas relações são formas de sair do isolamento, e demonstradas nas falas dos idosos participantes: (“Sair do isolamento... procurando novas amizades... procurando

Fig. 8. Domínio “Meio ambiente”
Fonte: os autores (2012)

inovações e passatempos”, “Um grande benefício, pois está sempre atualizado e pode falar a mesma linguagem com netos, filhos e sobrinhos”, “Reencontrar velhos amigos (presentes também), se manter atualizado em várias matérias e é um ótimo passatempo”, “Distração, amizade, poder expressar suas opiniões, conversar”, “Manter contatos com amigos e marcar encontro com amigos”, “Participei de um encontro de amigos de minha terra natal, marcado através da rede social”).

Weiss citado em Neto [7], [8], relatou que existe a solidão social, no qual as pessoas se sentem insatisfeitas nas relações pessoais/sociais (família, amigos etc.). Esta insatisfação prejudica uma qualidade de vida saudável. Portanto a solidão social pode ser combatida no uso de redes sociais digitais.

Os dados aqui considerados mostram a influência positiva que a rede social digital realiza na qualidade de vida dos idosos. E esta constatação está presente para os idosos, uma vez que durante a pesquisa foi indagado aos mesmos se as RSD poderiam auxiliar na qualidade de vida e estes

responderam que sim, conforme os comentários realizados (*“Na medida em que a pessoa se dedica a ter todas as manifestações da ‘sua’ rede isto a inclui na vida social e a sensação do pertencimento nesta extensão possibilita procurar a presença nas relações”, “Como disse antes tudo isso melhora a saúde e me mantém atualizado”, “Não se sente solidão, pois a qualquer momento tu está enviando ou recebendo mensagens maravilhosas”, “Sim, na medida em que a pessoa diminui a solidão e mantém contato com outras amizades e te mantém atualizado”*).

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade em geral perpassa por muitas mudanças, tanto paradigmáticas como sociais e culturais. Neste contexto está inserida uma parcela da população que ainda, infelizmente, é pouco estudada: os idosos. Ao mesmo tempo esta população está se inserindo na sociedade através de cursos, oficinas, palestras ou mesmo de forma ativa politicamente em ONGs, sindicatos e outros.

Atualmente existem muitos cursos de inclusão digital sendo ofertados e cada vez mais os idosos exigem a aprendizagem de conteúdos atuais e populares, como é o caso das redes sociais digitais.

A presente pesquisa analisou o perfil de um grupo de idosos que utilizam a RSD, suas inquietações e finalidades de uso. Também foi possível analisar que as RSD podem beneficiar muito a qualidade de vida das pessoas mais velhas, principalmente nas relações sociais, aproximando os idosos à sociedade (família, amigos, etc), através da comunicação e informação, com o mundo que os cerca. Como um dos idosos citou *“Tu fica conectado ao mundo”*.

Cabe aos educadores, gerontólogos e aqueles que trabalham com a inclusão digital deste público proporcionar o uso consciente das redes sociais, além de discutir aspectos obscuros que os idosos possuem, como a disponibilidade das informações, formas de atualização e comunicação. Há muitas possibilidades de usar as RSD como benefício para a qualidade de vida para os idosos, compete aos profissionais que trabalham com o referido público encontrar e mostrar as possibilidades e potencialidades de seu uso.

AGRADECIMENTO

Jantsch A. e Machado L.R. agradecem à CAPES e ao CNPq pelas bolsas concedidas, bem como aos idosos participantes da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] Araújo, L.F.; Coutinho, M.P.L.; Carvalho, V.A.M.L. Representações sociais da velhice entre idosos que participam de grupos de convivência. In: Psicologia: ciência e profissão. V.25, n.1, mar. 2005.
- [2] Brandão, M.F.; Silveira, R.M.H. O orkut e a velhice: comunidades e discursos. In: A vida no Orkut: narrativas e aprendizagens nas redes sociais / Edvaldo Souza Couto, Telma Brito Rocha, organizadores – Salvador: EDUFBA, 2010. 265 p. ISBN: 978-85-232-0681-9.
- [3] Freitas, G.A. Adultos idosos no ciberespaço: interação e relacionamento no mundo virtual. Trabalho de Conclusão de Curso da Faculdade de Biblioteconomia e Comunicação, Curso de Comunicação Social: Habilitação em Relações Públicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, RS, 79 p., 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/37567>. Acesso em: 20 de junho de 2012.
- [4] Joia, L.C.; Ruiz, T.; Donalizio, M.R. Condições associadas ao grau de satisfação com a vida entre a população de idosos. Rev. Saúde Pública. 2007; 41(1):131-8.
- [5] Kachar, V. Terceira Idade e informática: aprender revelando potencialidades. São Paulo: Cortez, 2003.
- [6] Lewis, S. 2011. Seniors and Online Social Network Use. JOURNAL OF INFORMATION SYSTEMS APPLIED RESEARCH (JISAR) vol. 4, no. 2, pp. 1-15. Disponível em: <http://proc.conisar.org/2010/pdf/1522.pdf>. Acesso em 27 de junho de 2012.
- [7] Neto, F. Solidão embaraço e amor. Porto: Centro de Psicologia Social, 1992.
- [8] Neto, F. Psicologia social (Vol. II). Lisboa: Universidade Aberta, 2000.
- [9] Oliveira, M.Q.; Queiroz, M.B. O “olhar” da pessoa idosa acerca da participação em grupos de convivência: contribuindo para a melhoria da qualidade de vida? In: Revista Portal de Divulgação, n.19, Mar.2012. Disponível em: <http://www.portaldoenvelhecimento.org.br/revista/index.php>. Acesso em 20 de junho de 2012.
- [10] Páscoa, G.M.G. 2012. O contributo da web social – rede social Facebook – para a promoção do envelhecimento ativo: estudo de caso realizado na USALBI. Dissertação do Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, Universidade Técnica de Lisboa. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/4427>. Acesso em 23 de junho de 2012.
- [11] Silva, L.M.; Silva, A.O.; Tura, L.F.R.; Moreira, M.A.S.P.; Rodrigues, R.A.P.; Marques, M.C. Representações sociais sobre qualidade de vida para idosos. In: Rev. Gaúcha Enferm., Porto Alegre (RS), 2012 mar, 33(1): 109-15. Disponível em: <http://seer.ufrgs.br/RevistaGauchadeEnfermagem/article/view/24321>. Acesso em 20 de junho de 2012.
- [12] Sundar, S.S.; Oeldorf-Hirsch, A.; Nussbaum, J.; Behr, R. 2011. Retirees on Facebook: can online social networking enhance their health and wellness? In: Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI EA '11). ACM, New York, NY, USA, 2287-2292. DOI=10.1145/1979742.1979931. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1979742.1979931>. Acesso em 29 de junho de 2012.
- [13] The WHOQOL Group. The World Health Organization Quality of Life Assessment (WHOQOL): position paper from the World Health Organization. Soc Sci Med. 1995; 41(10): 1403-9.
- [14] Vieira, E.B. Manual de gerontologia: um guia teórico-prático para profissionais, cuidadores e familiares. 2ª ed. Rio de Janeiro: Revinter; 2004.
- [15] WHO/NMH/NPH (2002). Active ageing: a policy framework. Geneve: World Health Organization.
- [16] BARDIN, Laurence. Análise de Conteúdo. 4. ed. Lisboa: Edições 70, 2009.
- [17] Fleck, M.P.A.; Louzada, S.; Xavier, M.; Chachamovich, E.; Vieira, G.; Santos, L.; Pinzon, V. Aplicação da versão em português do instrumento abreviado de avaliação da qualidade de vida “WHOQOL-bref”. Rev. Saúde Pública, 34 (2): 178-83, abril-2000. Disponível em: <http://www.fsp.usp.br/rsp>. Acesso em 15 de junho de 2012.



Anelise Jantsch é bacharel em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (1999) e mestre em Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003). Tem experiência na área da Ciência da Computação, com ênfase em Banco de Dados, tendo atuado principalmente nos seguintes temas: evolução de esquemas, versionamento de esquemas e bancos de dados temporais. Atualmente estuda no doutorado em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) onde realiza pesquisas na área da TV Digital aplicada a educação, bem como gerontologia educacional nesta tecnologia.



Letícia Rocha Machado é formada em Pedagogia com Habilitação em Multimeios e Informática Educativa e possui Mestrado em Gerontologia Biomédica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/PUCRS. Atualmente cursa o último ano de Doutorado em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS. Participa do grupo de pesquisa “Núcleo de Tecnologia Digital Aplicada à Educação/NUTED” na UFRGS onde realiza pesquisas nas áreas da educação a distância, gerontologia educacional e uso das tecnologias de informação e comunicação nas práticas pedagógicas.



formação continuada.

Patricia Alejandra Behar é Doutora em Ciências da Computação, atua nos Programas de Pós-Graduação em Educação e Pós-Graduação em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS. É coordenadora do “Núcleo de Tecnologia Digital Aplicada à Educação/NUTED” na UFRGS onde realiza pesquisas nas áreas das tecnologias digitais na educação, educação a distância e



experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas Hipermídias atuando principalmente nos seguintes temas: Aprendizagem Ubiquita, Hiperdocumentos como Objetos de Aprendizagem, Sistemas de Recomendação, Awareness, Workflow e Sistemas Cooperativos (CSCW).

José Valdeni de Lima possui Graduação em Processamento de Dados pela Universidade Federal do Ceará (1978), Mestrado em Ciências da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1982) e doutorado em Informática pela Université Joseph Fourier (antiga Université Scientifique Et Medicale) - Grenoble I (1990). Atualmente é professor Associado II da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem

Página en Blanco

Um Agente Pedagógico Animado de Apoio à Aprendizagem Baseada em Problema

Laysa Mabel de Oliveira Fontes, Francisco Milton Mendes Neto, Fábio Abrantes Diniz,
Danilo Gomes Carlos, Luiz Jácome Júnior e Luiz Cláudio Nogueira da Silva

Title—An Animated Pedagogical Agent to Support Problem-Based Learning.

Abstract—The problem-based learning (PBL) is a learning theory that emphasizes collaboration and teamwork to solve a problem. However, a problem that occurs frequently in the implementation of PBL is the presence of passive students who are usually students who have difficulty working in teams or who are unmotivated during the process of teaching and learning. An aspect that can positively influence the implementation process of the PBL is the recommendation of context-sensitive Learning Objects (LOs). Thus, this paper presents an approach based on an animated pedagogical agent and three other agents for the detection of passive students and for recommendation of LOs in accordance to student context in order to improve the learning process of PBL.

Index Terms—Animated Pedagogical Agent, Learning Object, Problem-Based Learning, Software Agent.

I. INTRODUÇÃO

SEGUNDO [1], a Aprendizagem Baseada em Problema (*Problem-Based Learning - PBL*) é um método no qual os estudantes aprendem através da resolução de um problema, que, em geral, não possui uma solução trivial e uma única solução correta. A aprendizagem é centrada no estudante e o conhecimento é adquirido de forma auto-dirigida. Os estudantes trabalham em pequenos grupos colaborativos para identificar o que eles necessitam aprender para resolução do problema. O professor atua como facilitador do processo de aprendizagem ao invés de apenas transmitir conhecimentos.

Na literatura, existem muitas pesquisas que apresentam novas alternativas de ensino. Esses estudos buscam, além de um alcance maior para as pessoas que por algum motivo não podem freqüentar um ensino presencial, tornar esses ambientes mais eficazes. Porém, as ferramentas disponíveis nesses sistemas, como salas de bate-papo, listas de discussão, grupos de interesse, dentre outras, podem não

oferecer um suporte suficiente para aquisição de conhecimento no processo de ensino-aprendizagem [2].

Com isso, a utilização de técnicas de Inteligência Artificial (IA), no projeto e desenvolvimento de ambientes de ensino-aprendizagem computadorizados, tem se constituído em objeto de maior investigação por parte dos pesquisadores da área de informática aplicada à educação, devido às suas potencialidades [3].

O conceito de agentes pedagógicos tem se mantido como um importante tema de pesquisa no âmbito educacional. Os agentes pedagógicos oferecem instrução personalizada, aumentam a motivação dos estudantes e agem pedagogicamente, por conta própria ou com o auxílio do professor. Por outro lado, Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) agregam valor ao processo educativo, gerando novas possibilidades de educação. Sendo assim, a combinação de agentes pedagógicos e AVAs consiste em uma abordagem promissora para o aprendizado eficaz auxiliado por computador [4].

A PBL destaca o trabalho em equipe como um dos principais requisitos para o sucesso do processo de aprendizagem, ou seja, a colaboração é essencial [5]. Contudo, um problema que ocorre com frequência nesse processo de ensino-aprendizagem é a presença de estudantes passivos, que são estudantes que, geralmente, possuem dificuldades de trabalhar em equipe e de colaborar para solução do problema ou que se encontram desmotivados com o problema, com o processo ou com o ambiente. No ensino presencial, quando realizado com turmas de tamanho adequado, o facilitador pode detectar com mais facilidade a presença de estudantes com este perfil e tentar corrigir esta situação para melhorar o processo de aprendizagem. No entanto, no ensino a distância, o facilitador normalmente não tem todas as informações necessárias para detecção de estudantes passivos no ambiente, visto que os integrantes do grupo estão, em muitos casos, geograficamente distribuídos.

Um aspecto que contribuiria significativamente na aplicação correta da PBL é a recomendação de objetos de aprendizagem (OAs) sensível ao contexto do estudante, pois minimizaria o tempo gasto, por parte dos estudantes, na realização de pesquisas de materiais educacionais, necessários para a resolução do problema proposto no ciclo da PBL.

Desta forma, este artigo apresenta uma abordagem baseada em um agente pedagógico animado e outros três agentes de software para auxiliar na aplicação correta da teoria de aprendizagem PBL. Este trabalho apresenta uma abordagem para aperfeiçoar a aplicação da PBL em dois aspectos: detecção de estudantes passivos e recomendação

L. M. O. Fontes, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró - RN, Brasil (e-mail: laysa@ufersa.edu.br).

F. M. Mendes Neto, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró - RN, Brasil (e-mail: miltonmendes@ufersa.edu.br).

F. A. Diniz, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró - RN, Brasil (e-mail: fabio.abrantes.diniz@gmail.com).

D. G. Carlos, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró - RN, Brasil (e-mail: danilocarloskpt@hotmail.com).

L. Jácome Jr., Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró - RN, Brasil (e-mail: luizjunior05@gmail.com).

L. C. N. da Silva, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró - RN, Brasil (e-mail: luizclaudio@ufersa.edu.br).

DOI (Digital Object Identifier) pendiente

de OAs sensível ao contexto do estudante. Esses agentes irão trabalhar colaborativamente com o objetivo de detectar e corrigir situações indesejadas, melhorando o processo de aprendizagem.

Na abordagem apresentada, o agente pedagógico animado irá exercer o papel de tutor, auxiliando os estudantes na aquisição de conhecimento, além do papel motivacional, que é de suma importância ao se tratar de AVAs.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção II, são descritos os principais conceitos sobre a PBL; a Seção III apresenta uma explanação sobre agentes pedagógicos animados; a Seção IV apresenta trabalhos que utilizam agentes pedagógicos em AVAs; a Seção V apresenta trabalhos sobre sistemas de recomendação; a Seção VI descreve a abordagem baseada em agentes apresentada neste trabalho; por fim, na Seção VII, são apresentadas as considerações finais e os trabalhos futuros.

II. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMA

A aprendizagem baseada em problema é uma teoria de aprendizagem na qual os estudantes aprendem através da resolução de um problema [1]. Na PBL, o facilitador tem o papel de guiar os estudantes neste processo, identificando possíveis deficiências de conhecimento e habilidades necessárias à solução do problema proposto. Assim, neste método, ao invés de termos o professor simplesmente repassando os conhecimentos e depois testando-os através de avaliações, ele faz com que os estudantes apliquem o seu conhecimento em situações novas. Os estudantes se deparam com problemas muitas vezes mal estruturados e tentam descobrir, através da investigação e pesquisa, soluções úteis.

Para o sucesso da aplicação da PBL como estratégia pedagógica, os seguintes estágios devem ser cumpridos [1]: i) o facilitador propõe um problema mal estruturado para o grupo de estudantes; ii) os estudantes tentam gerar fatos e identificar hipóteses sobre o problema, através de um *brainstorming* inicial. Os estudantes também identificam, baseados no problema proposto, outros assuntos que servirão de base para a realização de pesquisas e, conseqüentemente, aquisição dos conhecimentos necessários para a resolução do problema; iii) os estudantes formulam e analisam o problema, objetivando gerar idéias para sua solução; iv) os estudantes, auxiliados pelo facilitador, identificam deficiências de conhecimento para solução do problema; v) os estudantes procuram por novos conhecimentos relacionados ao domínio e tentam gerar fatos sobre este novo conhecimento; vi) ao final de cada problema, os estudantes refletem sobre os conhecimentos adquiridos.

A Fig. 1 ilustra o ciclo de desenvolvimento da PBL.

A PBL, quando aplicada de forma correta, oferece alguns benefícios, dentre os quais se destacam [1]:

- Desenvolve pensamento crítico e criativo;
- Aumenta a capacidade de resolução de problemas;
- Aumenta a motivação;
- Ajuda os estudantes a aplicarem os conhecimentos adquiridos em novas situações.

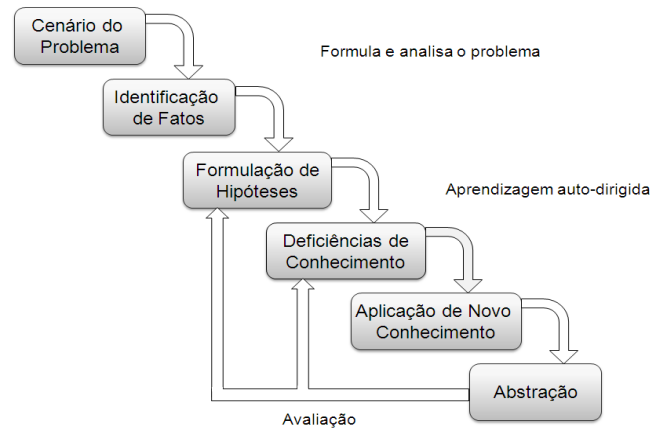


Fig. 1. Ciclo da PBL.

III. AGENTES PEDAGÓGICOS ANIMADOS

Ao se tratar de atividade educacional, os agentes são ditos pedagógicos. Os agentes pedagógicos são entidades cujo propósito fundamental é a comunicação com o estudante. Agentes pedagógicos são considerados animados quando esses são implementados com recursos de animação. Tais agentes podem ainda possuir recursos multimídia, o que promove uma maior interação com o estudante, auxiliando ainda mais na aprendizagem [6]. Essa abordagem apresenta vantagens quando comparada com ambientes de ensino baseados na Web convencionais, uma vez que possibilita interações mais naturais e mais próximas entre estudante e ambiente [3].

Os agentes pedagógicos animados são representados por personagens animados que interagem com os estudantes. Estes agentes usam recursos de multimídia para fornecer ao estudante um personagem com características semelhantes àsquelas de seres humanos. Estas características, tais como expressões faciais e entendimento das emoções humanas, juntamente com uma boa interface de diálogo com o usuário, tornam esses agentes mais atraentes ao estudante [7]. Os agentes pedagógicos animados devem motivar o estudante, despertando seu interesse em interagir cada vez mais com o ambiente de aprendizagem.

IV. AGENTES PEDAGÓGICOS ANIMADOS EM AVAS

Alguns esforços têm sido feitos para criar agentes pedagógicos animados, mas a avaliação de seu impacto ainda é preliminar [8]. Em [6], os autores apresentam um agente pedagógico animado, chamado Cal, que foi desenvolvido com o objetivo de interagir afetivamente com o estudante, de modo a facilitar a relação ensino-aprendizagem, além de auxiliar o estudante na utilização do OA no qual o agente está inserido.

Em [9], os autores propõem uma arquitetura baseada em um agente pedagógico. Esta arquitetura foi desenvolvida com o intuito de facilitar a aprendizagem dos estudantes. Os autores também relatam os resultados preliminares da avaliação do desempenho do sistema, concluindo que o agente pedagógico, de fato, ajuda os estudantes no processo de aprendizagem.

Em [10], são apresentados os resultados de uma avaliação, realizada com estudantes de ensino médio, do impacto da utilização de agentes pedagógicos integrados a um sistema de tutoria inteligente de matemática. Os resultados apresentados pelos autores indicaram que agentes pedagógicos afetivos melhoraram os aspectos afetivos dos

estudantes em geral, mas tendo um impacto maior com os estudantes do sexo feminino.

Em [11], foi apresentado o desenvolvimento e a atuação de dois agentes pedagógicos animados (agente tutor e agente companheiro), que expressam emoções e estão integrados em um AVA, a fim de interagir com os estudantes.

Como diferencial do nosso trabalho, podemos destacar: (i) a abordagem apresentada neste trabalho faz uso de um agente pedagógico animado, que apresenta características sócio-afetivas, ou seja, uma vez identificado um estudante com comportamento passivo, o agente pedagógico animado tenta resolver ou minimizar o problema, motivando o estudante a participar das atividades e discussões; (ii) outro fator que difere o presente trabalho dos demais é o fato dele recomendar materiais educacionais que possam sanar as dúvidas dos estudantes durante o processo de aplicação da PBL. Além disso, diferentemente dos outros trabalhos discutidos nessa seção, o presente trabalho apresenta um agente pedagógico animado para auxiliar os estudantes no processo de ensino aprendizagem utilizando a PBL, uma teoria de aprendizagem comprovadamente eficaz [12, 13, 14].

V. SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO

A utilização de sistemas de recomendação (SR) em ambientes educacionais não é novidade. Em [15], é apresentado um modelo para a recomendação de conteúdos educacionais descritos através de metadados. Esse modelo considera perfis de usuários e interoperabilidade entre aplicações educacionais, além de aspectos cognitivos de aprendizado. Esse trabalho também apresenta como conteúdos educacionais podem ser descritos através de ontologias, o que facilita também a inferência dos conteúdos apropriados aos perfis dos usuários.

Em [16], é apresentada a MILOS (*Multiagent Infrastructure for Learning Object Support*), uma infraestrutura, combinando ontologias e agentes, que implementa as funcionalidades necessárias aos processos de autoria, gerência, busca e disponibilização de OAs compatíveis com a proposta de padrão de metadados de OAs OBAA (Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes).

Em [17], é proposta uma arquitetura de aprendizagem móvel sensível ao contexto composta por três componentes principais: o perfil do estudante, um mecanismo de personalização e um repositório de OAs. O perfil do estudante serve para armazenar suas preferências de aprendizagem móvel, capturadas através de um questionário respondido pelo estudante. O mecanismo de personalização recebe esse perfil e combina as informações dele com aquelas obtidas dinamicamente através de sua interação com o ambiente. Em seguida, o mecanismo de personalização compara todas as informações obtidas com os metadados dos OAs disponíveis no repositório. O sistema então recomenda OAs adequados aos estudantes de acordo com as características do seu contexto.

O presente trabalho reúne as principais características dos trabalhos citados anteriormente. Porém, o fator que difere o presente trabalho dos demais é o fato dele recomendar materiais educacionais que possam sanar as dúvidas relacionadas aos conceitos desconhecidos no contexto do problema proposto. Tal característica irá auxiliar os estudantes durante a fase de identificação dos fatos da PBL

(conforme apresentado na Seção II), visto que agora os estudantes não mais precisarão buscar materiais educacionais.

VI. ABORDAGEM BASEADA EM AGENTES PARA DETECÇÃO DE ESTUDANTES PASSIVOS E RECOMENDAÇÃO DE OAs SENSÍVEL AO CONTEXTO NA PBL

A abordagem apresentada neste artigo para detecção de estudantes passivos e para recomendação de OAs sensível ao contexto está esquematizada na Fig. 2.

Como pode ser visto na Fig. 2, os estudantes devem, inicialmente, se autenticar no Moodle (mais detalhes na subseção G) e acessar algum dos cursos nos quais esteja matriculado.

Na abordagem de recomendação de OAs sensível ao contexto, é necessário porém que, antes que os estudantes acessem os seus respectivos cursos, preencham um questionário, informando algumas características de seu perfil, como, por exemplo, a hora do dia preferida para o estudo, sua área de interesse, entre outras. Essas informações servirão para a criação de um componente essencial da arquitetura, que é a ontologia de contexto estático dos estudantes.

A. Agentes de Software

Como é possível perceber na Fig. 2, a abordagem é composta de quatro tipos de agentes: Agente Pedagógico Animado (AgPA), Agente Detector de Problemas (AgDP), Agente Recomendador (AgR), e Agente DF (*Directory Facilitator*).

O AgPA é responsável por motivar os estudantes, principalmente quando algum problema de colaboração for detectado, como, por exemplo, a detecção de estudantes com comportamento passivo. Quando esse problema for detectado, o AgPA irá motivar os estudantes passivos a participarem mais das discussões e a usarem as ferramentas disponíveis no AVA.

O AgDP é responsável por detectar os estudantes passivos, analisando os perfis dos estudantes existentes. Esses perfis são atualizados com a frequência de participação dos estudantes, conforme eles usam os mecanismos colaborativos.

O AgR tem o intuito de detectar OAs adequados ao contexto do estudante, de acordo com as informações providas pelos seus respectivos perfis e as informações

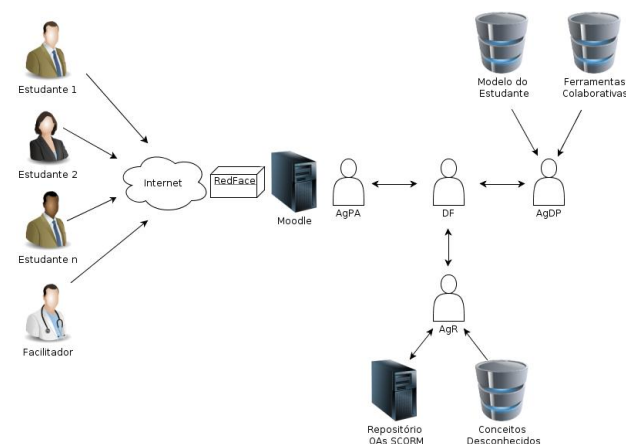


Fig. 2. Abordagem para detecção de estudantes passivos e para recomendação de OAs sensível ao contexto.

obtidas dos OAs disponíveis no repositório.

O papel do mediador será realizado pelo agente DF, o qual é provido pela plataforma JADE (*Java Agent Development Framework*) [18].

Os agentes presentes nesta abordagem foram desenvolvidos utilizando o JADE, que consiste em uma plataforma completa para desenvolvimento e execução de sistemas multiagente [18]. Esses agentes serão descritos em mais detalhes nas próximas subseções.

B. Agente Pedagógico Animado (AgPA)

O AgPA foi desenvolvido com o intuito de apoiar os estudantes na resolução de problemas, através da teoria de aprendizagem PBL. O AgPA exerce o papel de tutor, auxiliando os estudantes na aquisição de conhecimento. Ele se comunica com os outros agentes, de forma colaborativa, e atua de acordo com o que for constatado no ambiente. Por exemplo, uma vez que o AgDP tenha detectado um estudante passivo, o AgPA será acionado para tentar motivar este estudante a interagir mais com o ambiente.

O AgPA consiste em um avatar 3D responsável por acompanhar os estudantes durante o processo de resolução de problemas. Além de auxiliar os estudantes (a) dando dicas, (b) sugerindo materiais de apoio e (c) procurando manter os estudantes sempre motivados. Para obter sucesso nesse último caso, o AgPA expressará emoções similares às dos seres humanos, conforme ilustrado na Fig. 3.

Até a escrita deste trabalho, foram modeladas quatro animações para expressar as emoções do AgPA, conforme ilustrado na Fig. 3: felicidade, que remete, por exemplo, momentos em que o estudante esteja interagindo com o ambiente; tristeza, quando algum problema de colaboração for detectado como, por exemplo, a detecção de estudantes passivos; expectativa, durante os questionamentos do AgPA para o estudante; e dúvida, quando o estudante permanecer muito tempo em uma página.

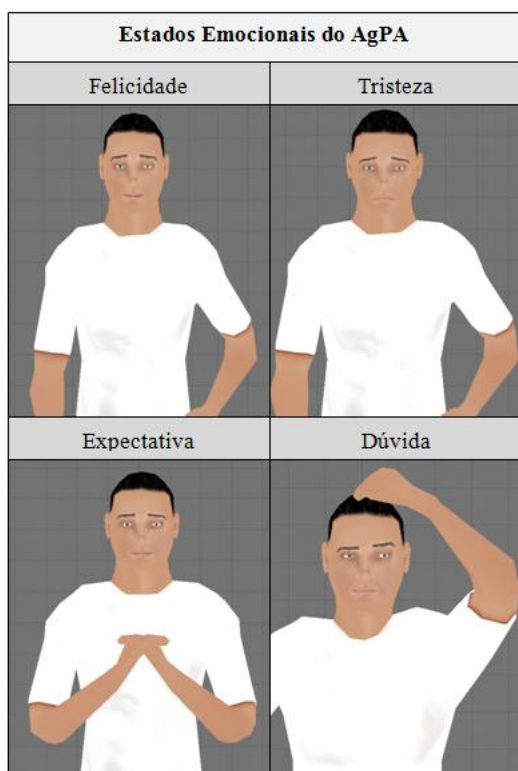


Fig. 3. Animações referentes aos estados emocionais do AgPA.

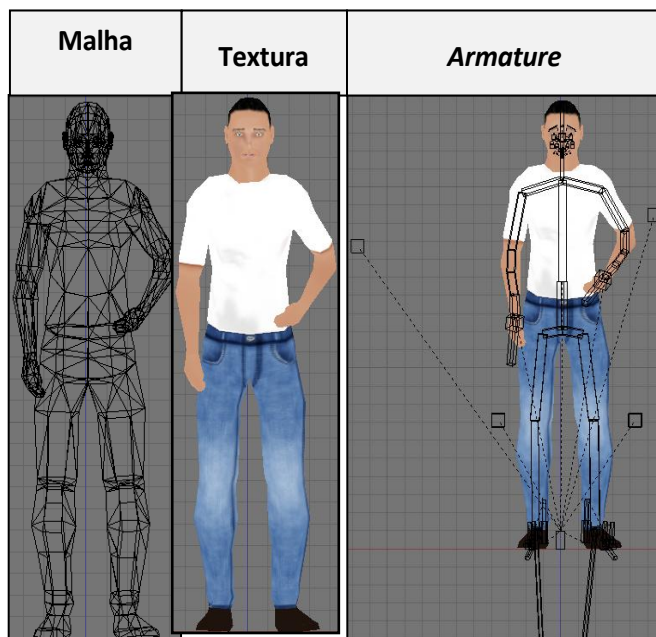


Fig. 4. Malha poligonal, textura e armature do AgPA.

Portanto, a idéia principal é tornar o AgPA um tutor animado, para prover uma maior interatividade ao ambiente, oferecendo aos estudantes a idéia de um tutor sempre presente durante todo o processo que define a PBL.

C. Modelagem do AgPA

Para a modelagem e animação do AgPA foi utilizada a ferramenta Blender [19, 20], desenvolvida e mantida pela *Blender Foundation* [19]. Sua escolha se deve ao fato de ser uma ferramenta robusta, de código aberto, disponível sob licença dupla da BL (*Blender License*) [19] e GNU (*General Public License*) [19], e por possuir uma comunidade ativa que mantém a ferramenta em constante atualização [21].

Na modelagem da forma do agente foi utilizada a técnica de malha poligonal [22], conforme ilustrada na Fig. 4. Essa malha poligonal foi produzida utilizando uma *Blueprint* [23]. Durante a modelagem da malha, foi empregada a técnica de modelagem denominada *Low Poly* [24]. Essa técnica constitui na redução de polígonos da malha, necessária para que o AgPA tenha um melhor desempenho ao ser inserido no ambiente Web.

A confecção da textura foi feita utilizando a ferramenta Gimp [25] (ilustrada na Fig. 4), tendo como referência a representação 2D do modelo gerado a partir da técnica de mapeamento UV [20, 23].

O controle das poses do AgPA foi feito utilizando o modificador *Armature* [20] (ilustrado na Fig. 4), que permite aplicar movimentos articulados à malha e cinemática inversa. As animações foram realizadas utilizando as técnicas *Key Frames* [26].

Para renderizar o AgPA, foi utilizado o motor de jogos *jMonkey* [27]. Para isso, foi necessário adaptar e exportar o modelo do AgPA do Blender para o formato do *Ogre3D* [28] (um dos tipos de arquivos suportados pelo motor).

D. Agente Detector de Problemas (AgDP)

O AgDP tem a função de detectar os estudantes passivos. Para que o AgDP consiga detectar estudantes com comportamento passivo é necessário que ele atualize os perfis dos estudantes conforme o uso das ferramentas colaborativas disponíveis no ambiente. Nesta abordagem,

TABELA I
PONTUAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO

Interação	Pontuação
Visualização do chat	5
Mensagem enviada pelo chat	5
Visualização do fórum	5
Mensagem postada no fórum	10
Criação de tópico no fórum	30

para cada ação executada pelo estudante no ambiente, este é pontuado com base em uma tabela cujos valores são previamente definidos. Apenas para facilitar a compreensão deste trabalho, definimos as pontuações apresentadas na Tabela I.

Desta forma, para cada ação definida na Tabela I, o estudante é pontuado com os respectivos valores. Esta informação será usada posteriormente pela função Ação do AgDP para realizar a detecção dos estudantes passivos propriamente dita.

A função Ação do AgDP é responsável por detectar estudantes passivos no processo da PBL. Os passos do processo de detecção de estudantes passivos executados pela função Ação são descritos no Algoritmo I.

Algoritmo I Ação: Detecção de estudantes passivos

Considerando:

estudante: estudante resolvendo um problema na PBL
grupo_estudantes: conjunto de estudantes
serie: conjunto de pontos de um grupo de estudantes
e: elemento da série
c1; *c2*: elementos centrais da série
ordenar_serie(serie): ordena valores em ordem crescente
quantidade_de_valores: número de elementos da série
lim_inf: limite inferior para valores discrepantes
lim_sup: limite superior para valores discrepantes
limiar_deteccao_passivos: limite de participação definido
lista_passivos: armazena resultado do algoritmo

```

1: para todo grupo_estudantes faça
2:   ordenar_serie(serie)
3:   se mod(quantidade_de_valores / 2) = 0 então
4:     mediana = (c1 + c2) / 2
5:   senão
6:     posicao_mediana = (quantidade_de_valores + 1) / 2
7:     mediana = serie(posicao_mediana)
8:   fim se
9:   para todo e ∈ serie faça
10:    se e / mediana > lim_inf ^ e / mediana < lim_sup então
11:      somatorio = somatorio + e
12:      numero_elementos = numero_elementos + 1
13:   fim se
14:   fim para
15:   media = somatorio / numero_elementos
16:   para todo estudante ∈ grupo_estudantes faça
17:    se e / media < limiar_deteccao_estudantes então
18:      lista_passivos = estudante
19:    fim se
20:   fim para
21:   retorne lista_passivos
22: fim para

```

Após detectar um estudante passivo, o AgDP notifica o facilitador, via e-mail, informando todas as informações inerentes ao referente estudante.

E. Agente Recomendador (AgR)

O AgR tem o intuito de detectar OAs adequados ao contexto do estudante. O AgR encontra, inicialmente, o OA que seria mais adequado de acordo com a Recomendação Baseada em Conteúdo.

O mecanismo de recomendação baseada em conteúdo considera as informações de horário preferido de estudo e área de interesse do estudante, as quais estão contidas na ontologia de contexto estático. Essas informações são ponderadas de acordo com o nível de influência que cada uma exerce no modelo de aprendizagem do estudante. A estratégia para identificar os OAs adequados ao contexto do estudante é realizada de acordo com (1).

$$FR = ((AI * 5) + (CD * 3) + (HP * 2)) / 10 - FA \quad (1)$$

O Fator de Recomendação (FR), o qual é determinado pelo AgR, é influenciado, principalmente, pela Área de Interesse (AI) do estudante, tendo, portanto, peso 5. Os Conceitos Desconhecidos (CD) por possuir grande contribuição para o cálculo do fator de recomendação, recebe peso 3, uma vez que identifica pontos de dificuldade do estudante. Por fim, o Horário Preferido (HP) de estudo também é de interesse pelo fato de poder exercer influência no nível de concentração e, consequentemente, influenciar positiva ou negativamente a recomendação de um OA. Já o Fator de Ajuste (FA) diz respeito a um fator que pode ser estabelecido pelo facilitador a fim de aumentar (quando o FA for menor) ou diminuir (FA maior) o impacto que o contexto do estudante exerce para a recomendação de OAs. Os valores numéricos de AI e HP são obtidos com base nos valores capturados dinamicamente e naqueles previamente definidos na ontologia de contexto estático dos estudantes. O valor de CD é definido considerando informações fornecidas pelo estudante e as informações contidas nos OAs.

Para definir, de forma dinâmica, o valor que representa o quão adequado determinado OA é em relação à área de interesse de um estudante, são consideradas três características do OA: descrição, título e palavras-chave. O AgR, por sua vez, verifica a incidência de palavras de interesse do estudante, contidas na ontologia de contexto estático, nessas três características do OA. Em seguida, esses valores são ponderados pelo AgR conforme (2).

$$AI = ((PC * 3) + (D * 2) + (T * 1)) / 6 \quad (2)$$

A Equação (2) mostra que o maior peso é dado às Palavras-Chave (PC), visto que representam melhor os assuntos tratados no OA. A Descrição (D) do OA nos fornece uma visão geral de como os seus diversos assuntos estão integrados. Por fim, o Título (T) representa uma influência menor, dentre as três características, por não conter uma gama de palavras relacionadas ao OA tão abrangente quanto às PCs.

O valor de CD é definido a partir da incidência dos conceitos desconhecidos na descrição, no título e nas

palavras-chave do OA. A ponderação ocorre conforme definido na Equação 2, sendo cada variável a representação da incidência dos conceitos desconhecidos. Esses conceitos desconhecidos são fornecidos pelo próprio estudante, via interface do Moodle, durante a aplicação da PBL. Tal característica irá auxiliar os estudantes durante a fase de identificação dos fatos da PBL (conforme apresentado na Seção II).

Por último, a captura dinâmica do horário atual é feita também pelo AgR no momento de autenticação do estudante no sistema. Essa informação servirá para que o AgR defina o valor numérico atribuído ao fator *HP*.

F. Directory Facilitator (DF)

O papel do mediador será realizado pelo agente DF, o qual é provido pela própria plataforma JADE, conforme exigência da especificação FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*) [29]. É necessário apenas codificar a forma como os agentes criados irão se comunicar com o DF.

G. Sistema de Reconhecimento Facial

Os AVAs são ferramentas voltadas à distribuição de conteúdo, registro de desempenho dos estudantes, criação de cursos, gestão dos cursos a distância, entre outras funcionalidades [30]. Em geral, este tipo de sistema adota como prática de segurança a utilização de mecanismos de autenticação por login e senhas. O uso deste tipo simples de autenticação aumenta a vulnerabilidade a fraudes, tanto no acesso ao sistema quanto durante a participação do estudante nas atividades do curso. Assim, a não presença dos estudantes torna a fraude fácil e tentadora, pois outra pessoa pode substituir facilmente a pessoa que deveria ser avaliada.

Por outro lado, estudos têm sido conduzidos sobre possíveis aplicações da biometria para autenticação em ambientes Webs [31]. Baseado nisso, a arquitetura proposta possui um módulo de Reconhecimento Facial, denominado de RedFace, que adiciona a funcionalidade de autenticação biométrica tanto no acesso ao sistema quanto de forma contínua, durante a realização do curso.

O RedFace nasceu da necessidade de certificar a identidade dos estudantes do Moodle durante a sua permanência, desde a entrada até a saída do ambiente. O Moodle permite o acesso ao sistema através de login e senha o que não garante a legitimidade do estudante. O RedFace monitora um estudante, capturando imagens através de webcam, bem como detecta a face do estudante na imagem e a identifica dentre outras faces cadastradas no sistema. Pretende-se que, com a utilização do RedFace, os administradores, os coordenadores e, principalmente os facilitadores, tenham uma certificação da identidade de um estudante durante a realização de suas atividades e avaliações no processo da PBL.

Diferentes técnicas foram utilizadas para a construção do módulo RedFace. A partir de uma imagem dinâmica, capturada pela webcam do estudante, o sistema irá extrair a imagem facial de um estudante e verificar se o mesmo pertence ou não a uma base de dados com imagens faciais previamente cadastradas. Utilizou as técnicas de Análise de Componentes Principais (PCA) [32, 33] e *Eigenfaces* [32, 33, 34] no processo de extração de características da face para diminuir a alta dimensionalidade dos vetores. Na classificação das imagens, foi usado o classificador *K-Nearest Neighbors* (K-NN) [34].

O sistema de reconhecimento facial proposto consiste basicamente das seguintes etapas [32]:

- Aquisição das imagens: através da webcam, o sistema captura a imagem da face do estudante a qual será utilizada como entrada para o RedFace;
- Pré-processamento: nesta etapa, as imagens são normalizadas e corrigidas para melhorar o reconhecimento da face. Em alguns testes realizados foi utilizada a técnica de *resize* (redimensionamento) [35] da imagem;
- Extração de características: devido à alta dimensionalidade dos vetores, foi utilizada a técnica de PCA, juntamente com a técnica *Eigenfaces*, visando reduzir a dimensionalidade de uma imagem a fim de diminuir o custo computacional e melhorar a precisão do classificador;
- Classificação e verificação: nesta etapa, foi utilizado o algoritmo de reconhecimento de padrão K-NN. A validação do algoritmo foi realizada em uma base de dados contendo 1.280 imagens de 64 classes distintas. Ficou notório que o desempenho do classificador, testado para sistemas de reconhecimentos de face baseado em PCA, foi muito satisfatório, atingindo uma taxa de reconhecimento acima de 90% em condições ideais, com baixos tempos de execução e com pequena quantidade de informação trafegada entre cliente e servidor, com imagens em torno de 30KB.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Neste artigo, foi descrita a abordagem baseada em um agente pedagógico animado e outros três agentes para apoiar a aplicação correta da teoria de aprendizagem PBL. Este trabalho apresentou uma abordagem para aperfeiçoar a aplicação da PBL em dois aspectos: (i) detecção de estudantes passivos; e (ii) recomendação de OAs sensível ao contexto. Nesta abordagem, o agente pedagógico animado tem o papel de tutor, auxiliando os estudantes na aquisição de conhecimento, além do papel motivacional, que é de suma importância ao se tratar de AVAs.

Este trabalho também apresentou um módulo de reconhecimento facial, o RedFace, um sistema de autenticação biométrica, utilizado tanto no acesso ao sistema quanto de forma contínua, durante a realização do curso. Esse sistema foi criado com o intuito de permitir que os administradores, os coordenadores e, principalmente os facilitadores tenham uma certificação da identidade dos estudantes durante a realização de suas atividades e avaliações durante o processo da PBL.

Como trabalhos futuros, pretende-se abordar outras metas relacionadas ao auxílio no cumprimento da aplicação da PBL, conforme apresentado em [36]. Por fim, objetiva-se realizar um estudo de caso como forma de validar a eficácia da solução apresentada neste trabalho e uma análise quantitativa para obter dados estatísticos que comprovem a eficácia das soluções propostas.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido da CAPES na forma de bolsas para os pesquisadores.

REFERÊNCIAS

- [1] C. E. Hmelo-Silver, "Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?," *Educational Psychology Review*, v. 16, n. 3, 2004.
- [2] P. A. Jaques, A. Andrade, J. Jung, R. Bordini e R. Vicari, "Using pedagogical agents to support collaborative distance learning," in *Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community*, pp. 546–547, 2002.
- [3] C. T. Santos, A. Dahmer, R. Frozza e L. P. Gaspar, "DÓRIS - Um Agente de Acompanhamento Pedagógico em Sistemas Tutores Inteligentes," in *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, pp. 97-105, 2001.
- [4] M. Soliman e C. Guetl, "Intelligent Pedagogical Agents in Immersive Virtual Learning Environments: A Review," in *Proceedings of the International Convention (MIPRO)*, Opatija, Croatia, pp. 827-832, 2010.
- [5] J. R. Savery, "Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions," *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, v. 1, n. 1, pp. 9-20, 2006.
- [6] T. G. Silva e G. Bernardi, "Cal: um Agente Pedagógico Animado para Apoio em um Objeto de Aprendizagem para o Ensino de Matemática," in *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, Florianópolis, 2009.
- [7] P. A. Jaques e R. Vicari, "Estado da Arte em Ambientes Inteligentes de Aprendizagem que Consideram a Afetividade do Aluno," in *Informática na educação: Teoria e Prática*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v. 8, n. 1, pp. 15-38, 2005.
- [8] A. Gresser, P. Chipman, B. King, B. McDaniel e S. D'Mello, "Emotions and Learning with AutoTutor," in *Proceedings of Artificial Intelligence in Education*, pp. 569-571, 2007.
- [9] Y. M. Cheng, L. S. Chem, H. C. Huang, S. F. Weng, Y. G. Chen e C. H. Lin, "Building a General Purpose Pedagogical Agent in a Web-Based Multimedia Clinical Simulation System for Medical Education," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, v. 3, n. 1, 2009.
- [10] I. Arroyo, B. P. Woolf e D. G. Cooper, "The Impact of Animated Pedagogical Agents on Girls' and Boys' Emotions, Attitudes, Behaviors and Learning," in *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, Athens, GA, pp. 506-510, 2011.
- [11] R. Frozza, A. A. K. Silva, J. N. C. Schreiber, B. Lux, K. W. Molz, L. M. Kipper, M. P. Borin, A. B. Carvalho, J. L. Baierle e L. Sampaio, "Agentes Pedagógicos Emocionais atuando em um Ambiente Virtual de Aprendizagem," *Novas Tecnologias na Educação*, v. 9, n. 1, 2011.
- [12] K. Tseng, F. Chiang e W. Hsu, "Interactive processes and learning attitudes in a web-based problem based learning (PBL) platform," *Computers in Human Behavior*, v. 24, n. 3, pp. 940–955, 2008.
- [13] J. Strobel e A. Van Barneveld, "When is PBL More Effective? A Meta-synthesis of Meta-analyses Comparing PBL to Conventional Classrooms," *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, v. 3, n. 1, 2009.
- [14] S. Sendag e F. H. Odabas, "Effects of an online problem based learning course on content knowledge acquisition and critical thinking skills," *Computers & Education*, 2009.
- [15] T. T. Primo, R. M. Vicari e J. M. C. d. Silva, "Rumo ao Uso de Metadados Educacionais em Sistemas de Recomendação," in *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, João Pessoa, PB, Brasil, 2010.
- [16] J. C. Gluz e R. M. Vicari, "MILOS: Infraestrutura de Agentes para Suporte a Objetos de Aprendizagem OBAA," in *Anais Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, João Pessoa, PB, Brasil, 2010.
- [17] J. K. Yau, "A context-aware personalized m-learning application based on m-learning preferences," in *Proceedings IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE)*, Coventry, UK, pp. 11–18, 2010.
- [18] *Java development framework: an open-source platform for peer-to-peer agent based applications*, JADE, 2011. Disponível em: <http://jade.tilab.com/>.
- [19] *Blender Foundation*, Blender, 2012. Disponível em: <http://www.blender.org/>.
- [20] A. Brito, *Blender 3D: Guia do Usuário 4th Edition*. Novatec, 2010.
- [21] R. Frozza, A. A. K. Silva, B. Lux, M. E. J. K. Cruz e M. Borin, "Dóris 3D: Agente Pedagógico baseado em Emoções," in *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, Florianópolis, 2009.
- [22] J. D. Foley, A. V. Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes e R. L. Phillips, *Introduction to computer graphics*. New York: Addison-Wesley, 1996.
- [23] S. Funk e J. L. F. Aymone, "Proposta de Diretrizes para o Processo Criativo do Design Virtual de Embalagens," *Design & Tecnologia*, v. 1, n. 2, pp. 55-68, 2010.
- [24] C. Totten, *Game Character Creation with Blender and Unity*. Sybex, 2012.
- [25] K. Kylander e O. S. Kylander, *GIMP User's Manual: The Complete Guide to Gimp*. Scottsdale, Coriolis Group, 1999.
- [26] E. Azevedo e A. Conci, *Computação Gráfica: teoria e prática*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2003.
- [27] F. Donglai, C. Goux e Y. Qiuxiang, "A Robust Software Watermarking for jMonkey Engine Programs," in *International Forum on Information Technology and Applications (IFITA)*, v. 1, pp. 421-424, 2010.
- [28] G. Junker, *Pro OGRE 3D Programming*. Berkely, Apress, 2006.
- [29] *Welcome to the Foundation for Intelligent Physical Agents. Site Oficial do Padrão FIPA*, 2011. Disponível em: <http://www.fipa.org/>.
- [30] M. E. B. Almeida, "Tecnologia e educação a distância: abordagens e contribuições dos ambientes digitais e interativos de aprendizagem," in *Reunião Anual da ANPED*, Poços de Caldas, MG, 2003.
- [31] A. L. Rolim e E. P. Bezerra, "Um sistema de identificação automática de faces para um ambiente virtual de ensino e aprendizagem," in *Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, Vila Velha, ES 2008.
- [32] Z. L. Stan e K. J. Anil, *Handbook of Face Recognition 2nd Edition*. Springer, 2011.
- [33] S. Romdhani, "Face Recognition Using Principal Component Analysis", Dissertação de Mestrado, University of Glasgow, 1996.
- [34] Y. Jiangsheng, "Method of k-Nearest Neighbors," *Institute of Computational Linguistics*, Peking University, China, 2002.
- [35] Hyun-Chul Choi e Se-Young Oh, "Multi-Face Detection on static image using Principal Component Analysis," in *ICCCAS*, Bangkok, Thailand, pp. 185-189, 2004.
- [36] A. A. A. Pontes, "Uma Arquitetura de Agentes para Suporte à Colaboração na Aprendizagem Baseada em Problemas em Ambientes Virtuais de Aprendizagem", Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, Brasil, 2010.



Laysa Mabel de Oliveira Fontes possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA (2010). Atualmente é mestranda em Sistemas Computacionais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPgCC) pela UFERSA/UERN, onde é bolsista do programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). É pesquisadora do Núcleo Tecnológico em Engenharia de Software (NTES) e é membro

integrante do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software (GPES) da UFERSA. Pesquisa na área de Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino a distância, aprendizagem colaborativa com suporte de computador, engenharia do conhecimento, gestão do conhecimento e sistemas multiagentes.



Francisco Milton Mendes Neto possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Ceará (1997), mestrado em Informática pela Universidade Federal de Campina Grande (2000) e doutorado em Engenharia Elétrica, na área de Processamento da Informação, pela Universidade Federal de Campina Grande (2005). Trabalhou, durante oito anos, como

Analista de Sistemas no Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO), obtendo experiência em gerência de grandes projetos de software. Atualmente é professor adjunto 3 dos cursos de graduação e de pós-graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), sendo o atual coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino a distância, aprendizagem colaborativa com suporte de computador, engenharia do conhecimento, gestão do conhecimento e sistemas multiagentes.



Fábio Abrantes Diniz possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco (2009). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Engenharia de Software e Banco de Dados. Atualmente é mestrando em Sistemas Computacionais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPgCC) pela UFERSA/UERN, onde é bolsista do

programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).



Danilo Gomes Carlos é graduando em Ciência da Computação pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Atualmente é pesquisador do Núcleo Tecnológico em Engenharia de Software (NTES) e é membro integrante do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software (GPES) da UFERSA, onde é bolsista de iniciação científica. Pesquisa na área de Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino a distância,

aprendizagem colaborativa com suporte de computador e sistemas multiagentes. Possui conhecimento técnico em: programação Web e desktop, modelagem tridimensional e programação de jogos.



Luiz Jácome Júnior é graduado em Ciência da Computação pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA (2010). Atualmente é mestrando em Sistemas Computacionais pelo programa de pós-graduação em Ciência da Computação - UFERSA/UERN. Membro do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software - GPES, onde trabalha como voluntário em projetos de pesquisa na área de Ensino a Distância. Possui conhecimento técnico em:

programação web, desktop e mobile na linguagem de programação java; desenvolvimento para a plataforma Android (Google); desenvolvimento web para arquitetura do Google App Engine; operação, manutenção e configuração de computadores e redes de computadores (Windows/Linux).



Luiz Cláudio Nogueira da Silva possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Possui o título de Mestre em Sistemas Computacionais pelo Programa de Mestrado em Ciência da Computação (PPgCC) pela UERN/UFERSA, durante o qual foi bolsista do programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Tem formação técnica no curso de Operação e Manutenção da Produção de Petróleo e Gás

Natural (O.M.P.P.G.) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). É pesquisador do Núcleo Tecnológico em Engenharia de Software (NTES) e é membro integrante do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software (GPES) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Atualmente pesquisa na área de Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino a distância, aprendizagem colaborativa com suporte de computador, engenharia do conhecimento, gestão do conhecimento e sistemas multiagentes.

Desarrollo de Contenidos de Aprendizaje con Herramientas Sociales. Learner Generated Content en Ingeniería

Ana María López Torres y Cristóbal Nico Suárez Guerrero

Title—Learning Content Development with Social Tools. Learning Generated Content in Engineering.

Abstract—The activities associated to the Learner Generated Content, LGC, are supposed to enhance the learning process, facilitating the construction of knowledge. In this paper, the description of the process of creation of learning content is addressed. A group of student of the first course of an engineering degree constructs collaboratively a blog that covers the real life applications of the physical concepts studied. We identify the characteristics that define meaningful learning during the development of the task and analyze the advantages and problems related to the use of web 2.0 applications and internet as learning tools.

Index Terms—Active learning, Engineering education, web 2.0 learning tools.

I. INTRODUCCIÓN

LA utilización de las tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC, en los procesos de enseñanza-aprendizaje en cualquiera de sus modalidades (presencial, semipresencial o virtual) crean nuevas condiciones para la implantación de un nuevo enfoque metodológico. Éste se distingue fundamentalmente de la práctica tradicional en la transformación de los roles de los actores principales del proceso: profesor y estudiante [1-2]. Con el objetivo de lograr aprendizajes significativos, los estudiantes deben asumir un rol activo en el proceso. Dejan de ser meros receptores de los conocimientos transmitidos por el profesorado y comienzan a generar su propio aprendizaje a partir de sus experiencias individuales y en comunidad. El profesor se convierte en el orientador de este proceso en el que los alumnos incrementan su nivel de responsabilidad. Este nuevo enfoque, que se basa en una concepción constructivista del aprendizaje [3], no es exclusivo de la enseñanza que utiliza nuevas tecnologías, ni el uso de éstas implica por sí mismo el desarrollo de aprendizajes reales.

Estos cambios se reflejan también en el tipo y uso de los materiales de formación [4]. Desde un punto de vista tradicional, los materiales educativos eran productos estáticos en formato texto o multimedia, creados o no por el docente. El trabajo con estos materiales seguía un trayecto

prácticamente cerrado, común para todos los estudiantes de un mismo nivel. La puesta en marcha de diseños formativos centrados en el estudiante, requiere la utilización de materiales en los que el ritmo y secuenciación puedan ser establecidos por éste. La hipertextualidad asociada a los materiales multimedia correctamente diseñados, favorece este tipo de interacción con los materiales formativos. La utilización de diferentes medios permite adaptarse a diferentes estilos de aprendizaje y personalizar las tareas. La superación de los primeros niveles de aprendizaje de la taxonomía de Bloom [5], más allá de los niveles más bajos de recuerdo y comprensión y la idea de construcción de conocimiento se manifiestan en la elaboración por parte de los alumnos de materiales asociados al proceso de aprendizaje. Los alumnos no solo descubren los materiales guiados por el profesor tutor, sino que los generan y los personalizan. Este cambio es parte del giro pedagógico que supone usar las TIC en el entorno educativo.

El objetivo principal de estos materiales es tradicionalmente la evaluación, formativa y/o sumativa del aprendizaje construido, aunque también pueden tener un valor intrínseco más allá de la demostración y evaluación del aprendizaje [6] y ser utilizados en otros procesos formativos. La tendencia que estima oportuna la creación de contenidos por los estudiantes durante su proceso de aprendizaje, recibe el nombre de Learner Generated Content (LGC). El trabajo asociado a este artículo se centra en la descripción del proceso de generación de este tipo de contenidos por parte de estudiantes del primer curso de Grado de Ingeniería.

El concepto de Learner Generated Content, LGC, ha sido objeto de investigación como herramienta/metodología de formación asociada a la construcción de aprendizajes significativos. También se ha analizado el resultado de este proceso en sí mismo (los materiales creados por los alumnos) y su valor como productos educativos independientes del proceso de aprendizaje concreto en el que fueron creados [7]. Es decir, podemos describir el LGC como un proceso que facilita en los estudiantes el desarrollo de contenidos y competencias. Por ello, el estudio del LGC como proceso implica un conocimiento de las características asociadas a la construcción de aprendizaje para poder identificarlas en las actividades a examinar. El segundo enfoque requiere la definición y aplicación de criterios de calidad en materiales educativos. En el trabajo que aquí presentamos, el objetivo es la descripción del proceso de construcción de contenidos digitales y no tanto del resultado material obtenido, si bien el análisis de los productos también nos ayudará a comprender el proceso. Por tanto, los resultados descritos se inscriben en el enfoque que busca

A.L. is with the University of Zaragoza. EUPT Ciudad Escolar s/n Teruel España (e-mail lopeztor@unizar.es).

C.S. is with the Universitat de València. Departament de Didàctica i Organització Escolar. Av. Blasco Ibáñez, 30. València España (e-mail Cristobal.Suarez@uv.es)

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

observar el carácter formativo del proceso de construcción de contenidos digitales.

Los procesos LGC pueden estar asociados a herramientas tradicionales o al uso de las TIC. Nuestro estudio se centra en la creación de contenidos digitales mediante el uso de las herramientas Web 2.0., a través de un blog. Las herramientas Web 2.0 constituyen un nuevo modelo de uso de la web que estimula que diferentes personas interaccionen construyendo colaborativamente una serie de contenidos para ser compartidos. La Web 2.0 no implica solo la evolución de tecnologías web, sino el desarrollo de una dinámica social de participación. [8] [9].

Se desea abordar de manera especial el tratamiento de la información que realizan los estudiantes a la hora de abordar el proceso de generación de contenidos formativos digitales. Gran parte de las fuentes de información que se pueden utilizar para la creación de estos contenidos se localizan en la red. Información en diferentes formatos que pueden dar lugar productos educativos de gran calidad y variedad. Sin embargo, la utilización directa de estas fuentes en la creación de contenidos puede dar lugar a materiales sin originalidad, personalización e interiorización, cuyo contenido intrínseco es mínimo y cuyo valor formativo es nulo. Este peligro debe ser considerado ya que el plagio en el alumnado universitario es una práctica común y documentada [10-11]. La facilidad de acceso y replicación de la información accesible en la red puede potenciar aun más esta práctica entre los estudiantes convirtiendo lo que, a priori, es una oportunidad de aprendizaje en una actividad sin valor. Además, no se debe olvidar que el uso de las nuevas tecnologías tiene sus riesgos propios como una búsqueda de información en red sin criterio por parte de los alumnos o las barreras asociadas a una insuficiente alfabetización digital [12].

II. EL CONCEPTO DE LEARNER GENERATED CONTENT.

Se define los contenidos generados por los estudiantes como aquellos creados por ellos de manera espontánea y dinámica durante su proceso de aprendizaje [4, 6-7]. Se puede incluir en esta categoría tanto los entregables asociados a las diferentes tareas encomendadas como cualquier resultado que evidencie el progreso en el aprendizaje. Este fenómeno ha sido analizado por diferentes investigadores que, mediante el análisis de una o varias experiencias concretas, revelan sus beneficios para el aprendizaje y muestran los retos que deben afrontarse a la hora de utilizar esta metodología.

A la hora de describir el proceso de generación de contenidos por parte de estudiantes, sus beneficios y posibles peligros, resulta de gran interés el trabajo de E. Sener [6]. Aquí se defiende que la creación de contenidos favorece la implicación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, mejorando su efectividad. Esta técnica puede pasar de tener un valor simplemente evaluativo a ser el origen de productos con valor duradero promoviendo, potencialmente, la formación de profesionales con mayor iniciativa y capacidad de autoaprendizaje. Constata sin embargo que es muy difícil encontrar ejemplos de buenas experiencias en la creación de materiales por parte de los alumnos. Justifica este hecho en la formación tradicional al enfoque que considera que los alumnos no tienen la

experiencia suficiente para responsabilizarse de su propio aprendizaje. Aunque la utilización de herramientas web 2.0 y el seguimiento de metodologías activas de aprendizaje favorecen la utilización de generación de contenidos como estrategias de aprendizaje, el número de ejemplos es muy reducido. El problema central es la lentitud de evolución del enfoque del aprendizaje centrado en el docente al enfoque del aprendizaje centrado en el estudiante. No obstante es necesario reconocer que, en muchos casos, son los propios estudiantes los que se niegan a cambiar de paradigma educativo ya que no desean incrementar su carga de trabajo aun a costa de perder la oportunidad de alcanzar un aprendizaje más significativo. El concepto que mejor puede describir, en el contexto Web 2.0, el nuevo rol del estudiante como generador de contenidos es el de **prosumer**, ya que consumen y producen su propio material.

A pesar de que existe la posibilidad de su reutilización, el verdadero valor de este tipo de materiales está en como facilitan la experiencia del aprendizaje situando el control de los procesos en el alumno [4]. En este trabajo se describe la evolución y el papel de los materiales de formación asociado al cambio desde una metodología centrada en el profesor a un enfoque centrado en el estudiante. Si se ordenan de menor a mayor implicación del alumno en el proceso, partimos de materiales procedentes de una autoridad cualificada (profesor, libros de texto) cuya utilización sigue un único itinerario. Este tipo de materiales cumplirían una misión de transmisión de conocimientos (metáfora adquisitiva del aprendizaje). Un paso más allá, estarían los materiales de aprendizaje guiado, que presentan a los estudiantes diferentes alternativas de utilización. Con este enfoque se favorece la interacción de los alumnos en el proceso (metáfora participativa del aprendizaje). Por último, los contenidos creados por los estudiantes son aquellos frutos de su proceso de aprendizaje. Permiten la implicación total de éstos en el proceso de creación de nuevas estructuras de conocimiento (metáfora constructiva del aprendizaje). Este último tipo de contenidos debe crecer en importancia frente a los paquetes de formación cerrados [13] ya que también garantizan una mayor adaptación a los diferentes perfiles de aprendizaje. En este trabajo se incluye en la categoría LGC cualquier resultado material del aprendizaje: tareas completas, borradores, planificación, discusiones..., por lo que la herramienta apropiada para su desarrollo es el portafolio en formato web.

Ahora bien, la mayor parte de los autores destacan como las herramientas Web 2.0 son adecuadas para la generación de contenidos en contextos de aprendizaje significativo. En [14] defienden que estas aplicaciones favorecen lo que denominan las 3 P's: Participación, Productividad, Personalización y con ello la creación de LGC individuales o colectivos. Muchos son los autores que corroboran esta misma idea describiendo experiencias de este tipo, objetos de estudio similares a los abordados por este proyecto de investigación [15-18].

Además de la descripción de experiencias y sus resultados en términos de logros de aprendizaje, encontramos trabajos en los que se valoran los materiales educativos generados. En [7] se analizan los contenidos creados por estudiantes durante el proceso de formación que consideran, además del valor de los contenidos como facilitadores del aprendizaje,

tienen un valor evaluativo para el profesor y un valor intrínseco para su reutilización, por lo que el análisis de la calidad de los resultados es necesario. Para ello se diseña una metodología para la medida de la calidad de los materiales producidos eligiendo indicadores de calidad asociados al proceso, a los contenidos y al formato de los materiales.

Dentro de los retos que se deben afrontar a la hora de desarrollar LGC se plantea el problema de si los alumnos están preparados para manejar tan ingente cantidad de información de manera correcta. Otro problema es garantizar la validez y veracidad de estos materiales en el caso de que puedan ser utilizados por otros usuarios [4]. También aparecen problemas conocidos como la confusión inicial a la hora de utilizar las herramientas, que en algún caso pueden colapsarse al acceder numerosos participantes a la vez o la generación de materiales como resultado de la unión de varios párrafos de diferentes webs, sin ningún proceso de elaboración personal [18]. Por tanto, es necesario establecer algún tipo de pauta o ayuda, aunque los autores apuestan por realizar este control de manera conjunta con los propios estudiantes, ya que implica un proceso de comprensión y madurez con gran valor educativo.

La utilización de blogs en procesos de enseñanza-aprendizaje no es algo nuevo. En [19] se analiza la experiencia del uso de los blogs en la educación superior. Se describe su historia y su evolución natural desde su función inicial como formato para compartir experiencias a herramienta para el aprendizaje colaborativo controlado por los alumnos, pasando por una exposición estática de contenidos de carácter formativo. Se presentan ejemplos de experiencias relevantes en educación superior en las que se consigue una experiencia constructivista alineada con los objetivos del nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Indica también que representa una herramienta más, pero que puede adaptarse al proceso de aprendizaje de muchos usuarios pero no ser válida para otros, así que no debe ser la base de toda la experiencia formativa. Por ello se debe establecer una matriz de usos de los blogs en actividades de aprendizaje, en la que se recopilen las posibilidades tanto para profesores como para alumnos en las actividades de creación y lectura de blogs [20].

III. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

A. Objetivos y Preguntas de Investigación.

El objetivo general del trabajo de investigación realizado es la descripción sistemática del proceso de elaboración de materiales de formación en formato digital por parte de alumnos en los primeros cursos de una titulación de grado, analizando especialmente el tratamiento que se realiza de la información obtenida de fuentes digitales.

Las preguntas de investigación para las que se busca respuesta son:

P1. ¿Qué actividades desarrollan los alumnos de primero de grado a la hora de elaborar material educativo digital utilizando la herramienta web 2.0 denominada blog?

Describir el tipo de actividades que realizan los estudiantes permitirá detectar si esta herramienta formativa realmente puede estar asociada a la construcción del conocimiento ¿Realmente toman un papel activo,

responsabilizándose y reflexionando sobre lo que están haciendo?

P2. ¿Cómo influyen los conocimientos previos sobre uso de herramientas web 2.0 en este proceso?

La herramienta a utilizar puede requerir un proceso de aprendizaje que enmascare el objetivo principal de la actividad de formación. En otros casos, puede resultar tan atractiva en si misma que los estudiantes se centren más en desarrollar en profundidad todas sus posibilidades que en la creación de contenidos de calidad.

P3. ¿Qué acciones se realizan sobre la información utilizada procedente de una fuente digital?

Ante la problemática constatada del plagio en los entregables realizados por alumnos universitarios (sobre todo en el caso de que su evaluación influya en la calificación final), es necesario conocer el tratamiento que realizan de los datos utilizados para resolver las tareas propuestas. Además, es importante conocer como se aborda la gestión de la ingente cantidad de información a la que se tiene acceso a través de internet: si se realizan tareas de contrastación de fuentes, se combina la información de varios orígenes creando un producto final de carácter personal o, simplemente, se replica lo que se localiza en la red.

B. Enfoque Metodológico.

El objeto de estudio en el que se centró nuestra investigación fue el proceso de construcción de materiales de aprendizaje digitales realizados por alumnos de la asignatura de "Física II" del primer curso del grado de Ingeniería Electrónica y Automática, impartido en la Universidad de Zaragoza (España). Estos materiales fueron el resultado de una actividad evaluable en la que los estudiantes explicaron y ejemplificaron aplicaciones industriales asociadas a los conceptos físicos estudiados. El resultado se materializó gracias a una herramienta Web 2.0: el blog que permitió la construcción colaborativa de materiales de formación apropiados para cualquier alumno de ingeniería de primer curso. Esta actividad tuvo asociada una puntuación cuantitativa que formó parte de la evaluación sumativa de la asignatura. El tiempo estimado de dicha actividad fue de unas 7 horas de trabajo del estudiante. El resultado del trabajo de los estudiantes es de acceso público [21].

Para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas se abordó un enfoque metodológico mixto en el que la integración de las metodologías cuantitativa y cualitativa realizó de manera complementaria. En el caso de las preguntas de investigación 1 y 3, en las que el objetivo es la descripción del proceso, sin una definición de variables que remita a una exploración causal, se desarrolló una metodología cualitativa que puede enmarcarse en la tipología del estudio del caso como se explicará posteriormente. Sin embargo, si se analiza la pregunta de investigación 2, el objetivo fue establecer una relación entre dos variables, conocimientos previos y grado de dificultad que exige la definición clara de estas variables y el desarrollo de un proceso ex-post-facto.

Se ha utilizado un enfoque cualitativo siguiendo la tipología del estudio del caso. Esto se justifica tanto por los objetivos buscados como por el objeto de estudio elegido. El

investigador realiza un proceso de observación e interpretación de la realidad tanto desde dentro como desde fuera, ya que se trata del docente responsable de la asignatura mencionada. Se busca describir una situación única y particular y se desea hacerlo no solo desde el punto de vista operacional, sino también conocer la interpretación que de ella hacen los sujetos implicados.

Para obtener información del proceso a estudiar, buscando garantizar su validez interna, se optó por una estrategia de triangulación de diferentes técnicas de recogida de información. Así se utilizaron las técnicas de observación directa, cuestionarios de preguntas abiertas y entrevistas personales. Para completar el análisis del uso de la información en el proceso de LGC se utilizó, además de la información recogida con las herramientas anteriores, la técnica de observación indirecta de los entregables resultados del trabajo de los alumnos. Se empleó una herramienta de localización de contenidos web, Plagium [22], para de esta forma identificar de manera rápida el grado de originalidad o grado de combinación de diferentes fuentes en los resultados elaborados por los estudiantes e intentar establecer una relación entre las acciones sobre la información y la personalización de los materiales generados. Este análisis se completó con la clasificación de las fuentes referenciadas por los alumnos en sus trabajos.

Con el objetivo de establecer una relación directa entre la experiencia de los estudiantes con las herramientas web 2.0 y los problemas asociados a la generación de los contenidos digitales, se utilizaron herramientas de estadística descriptiva. La definición y medición de la variable independiente: “grado de experiencia con las herramientas web 2.0”, se realizó mediante un cuestionario de preguntas cerradas antes del comienzo de la actividad, así que el investigador no tuvo la oportunidad de influir sobre el valor de esta variable. El grupo en el que se midió esta variable fue único, todos los alumnos siguieron el mismo proceso y recibieron la misma información por parte del profesorado, por lo que no se realizó ningún tipo de comparación entre grupos. Para la evaluación de los problemas encontrados, se solicitó a los estudiantes la respuesta a un segundo cuestionario de opción múltiple.

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se realizó a lo largo de mayo de 2012. La actividad a realizar por los estudiantes se enmarcó dentro de los trabajos tutelados de la asignatura de Física II. Cada uno de estos trabajos tenía asociadas tres sesiones de trabajo en el aula en el que el profesor actúa como orientador en la realización de la tarea. A lo largo de cada una de estas sesiones, el investigador/profesor desarrolló un proceso de observación siguiendo las siguientes pautas:

- Definición del contexto en el que se está produciendo la observación.
- Anotación de las intervenciones públicas de los estudiantes: quejas, dudas, aportaciones, bromas.
- Anotación de algunas de las conversaciones que se establecen entre los propios estudiantes.
- Anotación de las interacciones comunicativas entre el profesor y estudiantes individuales.
- Descripción de elementos de lenguaje no verbal.

Igualmente, a lo largo de estas tres semanas se realizaron tres entrevistas semiestructuradas a tres grupos de trabajo para obtener información sobre la evolución de la tarea. Se partió de un conjunto de preguntas focalizadas en el proceso de creación de los contenidos aunque, la familiaridad existente entre entrevistador y entrevistado dio lugar a conversaciones un poco más informales.

Por último, todos los estudiantes pudieron completar de manera voluntaria dos cuestionarios de preguntas cerradas (para analizar los conocimientos previos sobre herramientas web 2.0. y los problemas que han planteado su uso en la tarea) y un tercer cuestionario de preguntas abiertas. Las preguntas incluidas tuvieron como objetivo detectar si el proceso realizado presentaba las características del proceso de creación de contenidos. A todos estos cuestionarios se pudo acceder desde el entorno Moodle asociado a la asignatura.

A continuación, se presenta a qué tipo de tratamiento ha sido sometida la información obtenida con estas herramientas.

V. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Como ya se ha indicado en los apartados anteriores, se utilizaron dos fuentes de datos para dar respuesta a las preguntas de investigación: los estudiantes sujeto de la investigación y los materiales creados por estos estudiantes.

Con estos datos se ha pretendido describir el proceso de creación de materiales por parte de los alumnos, analizar el uso de la información realizado durante este proceso y obtener la relación entre conocimientos previos en el uso de herramientas web 2.0 y las dificultades encontradas.

A. Identificación de la Construcción del Conocimiento.

La identificación del aprendizaje real con la construcción por parte de los alumnos de sus propios significados es la base del paradigma constructivista [23] del proceso de enseñanza-aprendizaje. El estudiante aprende incorporando a su estructura de conocimiento previa los nuevos conceptos y competencias. El proceso de enseñanza debe proporcionar las herramientas que favorezcan este proceso de construcción. El diseño instruccional en general y cada una de las tareas que lo componen en particular, deben seguir una serie de pautas que garanticen el denominado aprendizaje auténtico [24]:

- Participación activa del estudiante. El estudiante debe hacer cosas e involucrarse en el proceso.
- Reflexión sobre el proceso de aprendizaje. El estudiante debe pensar sobre lo que está haciendo.
- Responsabilidad en el proceso de aprendizaje. El estudiante debe poder tomar decisiones.
- Personalización del proceso de aprendizaje. Relacionado con el punto anterior, la construcción del conocimiento parte de los conocimientos previos de cada usuario y de su contexto concreto, por lo que la enseñanza debe permitir diferentes itinerarios que se adapten a los diferentes perfiles de aprendizaje.
- Orientación continua. Aunque el profesor deje de ser el origen único del conocimiento, mantiene un papel crucial en el proceso, ya que tiene que facilitar este proceso de construcción de conocimiento personalizado proporcionando los apoyos, los

“andamios”, adecuados en este proceso de construcción.

- Actividades auténticas. A la hora de comprometer a los estudiantes en el proceso, es importante presentarles tareas directamente conectadas con el mundo real (aprendizaje situado)

El paradigma constructivista presenta también una vertiente social [25]. El aprendizaje se realiza dentro de un contexto social que influye de manera determinante en la construcción de conocimiento que realiza cada individuo ya que los significados que crea cada persona no son independientes de su entorno social. Por lo tanto la colaboración y comunicación entre estudiantes son condiciones sociales de aprendizaje [26] a la hora de alcanzar aprendizajes significativos. Estas son las características que deben cumplir las actividades LGC para garantizar la construcción de contenidos.

A partir del análisis de contenido del material documental obtenido de los alumnos, se identificaron las categorías semánticas que indican un proceso de creación verdadero. Este proceso se definió como asociado a un aprendizaje significativo y, para ello, se buscaron expresiones y actitudes cuyo significado representara a las categorías que se muestran en la tabla I: participación activa de los aprendices, responsabilidad de éstos sobre su aprendizaje, reflexión sobre y durante el proceso y personalización de la construcción del conocimiento.

A partir de la localización de unidades de significado asociadas a estos conceptos, se realizó una descripción de la actividad de los estudiantes: fases y actividades. El análisis de esta descripción nos condujo a identificar las características de la construcción de contenidos formativos digitales en el trabajo desarrollado por los estudiantes.

B. Análisis del Uso de la Información.

A partir del análisis del material documental (observación, entrevistas y cuestionario) se identificó si las indicaciones básicas a seguir a la hora de valorar las fuentes web han sido consideradas por los alumnos en su trabajo [28]. Estas pautas incluyen identificación de los autores y sus credenciales, valoración de la actualidad de la información, detección de la motivación de los autores, examen de los enlaces incluidos o búsqueda de referencias a esa página.

C. Relación Conocimiento Previo Web 2.0 y Problemas Encontrados.

El origen de la información para responder a esta cuestión fueron los dos cuestionarios de opción múltiple que completaron los alumnos antes de iniciar la tarea y a la finalización del trabajo. Estos cuestionarios estaban disponibles en el entorno virtual de formación asociado a la asignatura.

Con el primer cuestionario se buscó evaluar cuantitativamente dos variables:

- Conocimientos generales/familiaridad con herramientas web 2.0.
- Conocimientos específicos sobre el blog.

Se realizó un análisis descriptivo de cada una de estas cuestiones a través de la representación gráfica (histograma) de su distribución en porcentajes.

Con el segundo cuestionario se pretendía medir dos variables asociadas a los problemas asociados al uso de un blog:

- Problemática global: dificultades técnicas, pero también inversión de tiempo en su aprendizaje y posibles reticencias a la publicación del material creado.
- Comparación con el uso de procesador de texto: como comparar el uso del blog con la utilización de procesadores de texto (herramienta mayoritariamente utilizada por los estudiantes a la hora de realizar sus entregables)

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO A BUSCAR EN LA INFORMACIÓN RECOPIADA.

Participación activa	- Actividades desarrolladas por los alumnos.
Responsabilidad sobre el aprendizaje	- Cuáles de estas actividades se diferencian de las sugeridas por el profesor. - Planificación. - Selección de fuentes de información.
Reflexión sobre el aprendizaje	- Relaciones con lo estudiado en la asignatura. - Valoración del trabajo propio y del trabajo de los compañeros. - Valoración del tipo de actividad realizada dentro del trabajo de la asignatura.
Personalización	- Hechos diferenciales de unos grupos frente a otros. - Opiniones personales sobre la actividad.

Otra fuente de información para este apartado del trabajo fue el estudio de los materiales creados por los estudiantes. Se analizaron los puntos que aparecen en la tabla II.

TABLA II
ELEMENTOS SOBRE TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN A ANALIZAR EN LA INFORMACIÓN OBTENIDA

Número de fuentes utilizadas para cada entrada:
- Número de referencias que aparecen.
- Número de referencia que realmente se utilizan.
Tipo de fuentes utilizadas para cada entrada:
- Fuentes digitales frente a libros y apuntes.
- Fuentes de organizaciones educativas o técnicas frente a foros informales.
Grado de combinación de las fuentes utilizadas:
- Si hay una fuente origen de más de la mitad de la información.
Presencia de elementos completamente originales.

VI. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A. Descripción del Proceso de Generación de Contenidos.

En una primera etapa, los alumnos tuvieron que afrontar la confusión inicial de encontrarse con una tarea diferente, con una herramienta nueva y con un grado de definición inferior al del resto de trabajos antes realizados. A pesar de que en las entrevistas afirmaron no haberse extrañado ante la tarea planteada, lo cierto es que en la primera sesión de trabajo se percibió una excitación e inquietud que no se había producido en trabajos anteriores. La simplicidad del uso del blog quedó patente desde un principio, por lo que la preocupación se centró en el hecho de tener que decidir qué información se debía incluir en la entrada y al hecho de que no existía una única solución al problema planteado.

Una vez centrados en la tarea, se observaron una serie de actividades comunes:

- Asociadas al tratamiento de la información: *buscar, leer, seleccionar, sintetizar*.
- Asociadas a la creación de la entrada de un blog: *escribir texto, enlazar vídeos de YouTube, insertar imágenes, añadir elementos multimedia*.
- Asociadas a la planificación de la tarea: *pensar cómo vamos a realizar el trabajo, realizar un esquema en Word*.

Estas acciones muestran una participación activa en el proceso con una toma de decisiones: qué se debe incluir o no en el resultado final y por qué. Además, el proceso no fue completamente idéntico para todos ellos:

- En algunos casos se acudió a libros y apuntes y en otros solo se utilizaron fuentes digitales.
- Hubo alumnos que primero realizaron la entrada en un procesador de texto (generalmente Word) y luego la replicaron en el blog y otros trabajaron directamente sobre él.
- Algunos completaron la búsqueda de información (completaron todos los apartados a realizar) antes de comenzar a crear el material digital y otros compaginaron ambas tareas.

Sin embargo, en este proceso de participación activa y con toma de decisiones, el grado de creación quedó limitado a la manera de combinar materiales ya existentes: textos, imágenes, vídeos. Solo en un par de trabajos los alumnos crearon material completamente propio: se ha grabado un vídeo original o se ha redactado un texto desde cero. Uno de los apartados del trabajo, pedía la explicación del fundamento físico relacionándolo con lo explicado en clase. Los conceptos a explicar eran todos conocidos por los alumnos que debían ser capaces de redactarlos sin tener que buscar una referencia externa. Esto reflejó cómo los conceptos no habían sido interiorizados lo suficiente para poder ser aplicados. Pero también un hecho menos obvio que reveló claramente uno de los alumnos entrevistados: *una de las dificultades fue no encontrar en la red la explicación física que estaba buscando*. Es decir, sabía lo que tenía que incluir, pero en lugar de redactarlo, deseaba encontrarlo tal cual en un sitio web para simplemente poder

incorporarlo. Confía más en lo contenido en la red que en lo que él mismo pueda crear.

Las preguntas utilizadas como herramientas de recogida de información sobre la reflexión sobre el aprendizaje, facilitaron este proceso de reflexión. Se considera que plantear este tipo de cuestiones a los alumnos tuvo un valor intrínseco más allá de la obtención de información sobre el proceso. Al responder, los estudiantes se dieron cuenta de si su situación era la misma antes y después de realizar la tarea y de que habían conseguido con ella. Al ser interrogados, inicialmente muchos de ellos opinaron que no habían aprendido nada. Tras la respuesta a varias preguntas sobre el proceso, fueron conscientes de que algo había cambiado. Se consideró muy positivo el que todos los alumnos se manifestaran ser capaces de explicar cómo funciona la aplicación con la que han trabajado. Aunque esa información pudiera no ser completamente cierta, sirvió para que los estudiantes asumieran cuál debería ser el resultado de todo el proceso y reflexionaran sobre si realmente lo habían alcanzado.

Al tratarse de una actividad realizada por parejas, la construcción del aprendizaje fue colaborativa, con una división de tareas en muchos casos. La colaboración entre grupos ha sido menor. En algunos casos los alumnos asumieron que no entraba en las reglas del trabajo intercambiar información. El resultado global fue un producto formativo digital creado colaborativamente por todos los alumnos participantes y que puede ser utilizado por ellos, y por otros estudiantes.

B. Gestión de la Información Obtenida de la Red.

Como se ha señalado en el apartado anterior, la búsqueda, selección y combinación de información procedente de diferentes fuentes, en su mayoría de carácter digital, facilitó que los estudiantes asumieran un rol activo, tomaran decisiones durante el proceso y personalizaran su manera de aprender. El hecho de tener que seleccionar y sintetizar, según ellos mismos indicaron, les obligó a leer y entender para seleccionar lo más importante y dar forma al trabajo.

Aunque fueron conscientes de la necesidad de aplicar criterios de evaluación y algunos lo reflejan en sus respuestas, ninguno (salvo aquellos que utilizan libros de texto) justificó la elección de las fuentes de información utilizadas. En bastantes casos las respuestas procedían de foros de usuarios no asociados a ninguna institución o de trabajos de otros estudiantes colgados en la red. Sería muy positivo completar el trabajo con un cuestionario específico sobre cada una de las fuentes consultadas (autoría, relevancia, actualidad), para formar a los estudiantes a reflexionar sobre su decisión e interiorizar una serie de buenas prácticas a la hora de buscar información.

La Wikipedia en su versión en castellano fue la fuente más utilizada. Se trata de una fuente con un grado de fiabilidad contrastado y abarca todos los aspectos del conocimiento. Además es siempre uno de los primeros resultados en cualquier buscador.

El análisis de los cuestionarios reveló que, antes de comenzar la actividad, los estudiantes utilizaban con asiduidad buscadores web y, en un porcentaje apreciable lo hacían con sus opciones de búsqueda avanzada a la hora de localizar información. El análisis de los materiales creados

reveló la utilización de 3-4 fuentes de información a la hora de crear las entradas. La información se seleccionó y se juxtapuso de acuerdo con la estructura solicitada. Se pensó en qué se necesitaba y se buscó. En pocos casos se creó. Esto nos indicó también que muchos estudiantes creen:

- Todo tiene que estar en internet. Solo hace falta encontrarlo.
- Cualquier cosa que localice en internet va a ser mejor que lo que yo mismo cree.

Por último, los alumnos no ocultaron el origen de la información que habían utilizado.

C. Relación entre los Conocimientos Previos sobre el Uso de Herramientas Web 2.0 y las Dificultades Técnicas Encontradas.

El análisis descriptivo de los cuestionarios de preguntas de opción múltiple reveló que, si bien la mayor parte de los estudiantes nunca habían editado un blog, a la gran mayoría el aprendizaje y uso de la herramienta no supuso un problema. La mayor parte del tiempo del proceso se dedicó a la búsqueda de información y confección de la entrada. Sin embargo, un 12,5% de los estudiantes afirmó haber dedicado un 75% del tiempo a aprender a usar un blog, por lo que es siempre necesario realizar sesiones de apoyo sobre este uso para impedir que parte de los participantes se quede descolgado por esta falta de alfabetización digital.

VII. CONCLUSIONES

El proceso de generación de contenidos digitales, utilizando la herramienta web 2.0 conocida como blog, ha permitido que los alumnos participen activamente en el proceso de aprendizaje. Han creado una entrada de blog de acuerdo a una estructura y temas propuestos, para lo que han necesitado aprender (en la mayoría de los casos) a manejar una nueva aplicación software, han realizado un proceso de búsqueda de información en diferentes formatos, han leído esa información, la han resumido y combinado para llegar a un resultado diferente del que habían partido. El proceso de creación, se ha limitado a la combinación de diferentes fuentes de datos. El producto final es nuevo, refleja un trabajo de recopilación y síntesis que ha favorecido el aprendizaje de los alumnos creadores. Sin embargo, no se ha producido una generación de contenidos completamente propios, probablemente porque no se han interiorizado adecuadamente los conceptos que debían reflejarse en los materiales, aunque también, a causa de la mayor comodidad que supone la replicación de materiales existentes y la confianza que se deposita en la información en formato web.

Los alumnos han tomado decisiones a lo largo del proceso sobre como abordar la tarea, como dividirse el trabajo o qué fuentes de información utilizar, asumiendo responsabilidad en su proceso de aprendizaje. Por la estructuración y brevedad de la tarea, casi todos ellos han realizado acciones similares, aunque se han detectado rasgos claros de personalización en su ejecución.

La realización de la tarea por parejas ha favorecido la construcción colaborativa del aprendizaje. En algunos casos todo el trabajo se ha realizado en común. En otros, cada estudiante buscaba información y después se ha producido un proceso de negociación para la obtención del producto

final. La colaboración fuera de los grupos de trabajo se ha limitado a la resolución de dudas sobre el uso del blog.

La utilización de cuestionarios sobre el proceso de generación de contenidos, como los que han formado parte de este estudio, puede ser una herramienta útil para favorecer la reflexión sobre el proceso de aprendizaje. Cuestionarios similares sobre la calidad de las fuentes de información utilizadas, serían necesarios para favorecer la interiorización de buenas prácticas en la búsqueda de información. Las actividades LGC no deben limitarse a la obtención de un entregable, sino que deben ser complementadas con acciones diferentes que favorezcan la reflexión a lo largo del proceso.

Por todo lo anterior, se concluye que actividades como la estudiada, permiten la generación de contenidos digitales que favorecen la construcción verdadera del aprendizaje. Las herramientas web 2.0 son suficientemente simples e intuitivas para que alumnos de Educación Superior puedan crear materiales sin tener que seguir un costoso proceso de aprendizaje que incremente la carga de trabajo considerablemente. Sin embargo, siempre hay un porcentaje de alumnos para los que estas herramientas son completamente nuevas y necesitan ser apoyados técnicamente. Estas herramientas hacen la tarea más atractiva y permiten interactuar de manera sencilla con contenidos en diferentes formatos. Se debe tener cuidado, sin embargo, con que el uso que hagan los alumnos del ordenador y la web en su aprendizaje no se vea dominado por el uso lúdico de las mismas herramientas. La utilización de materiales audiovisuales clarifica en gran medida la explicación de conceptos físicos y ha sido valorada muy positivamente por los estudiantes.

REFERENCES

- [1] C. Sigales, "Formación universitaria y TIC: nuevos usos y nuevos roles" Revista de Universidad y Conocimiento RUSC 1 (1) 2004 pp. 1-6.
- [2] M. Benito, Desafíos pedagógicos de la escuela virtual. Las TIC y los nuevos paradigmas educativos. TELOS cuadernos de Comunicación en Innovación. 78. 2009.
<http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com/telos/articulo/aderno.asp?idarticulo=2&rev=78.htm> (última visita Junio de 2012)
- [3] S. Hernández, "El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje". Revista de Universidad y Conocimiento RUSC 5 (2) 2008 pp. 26-34
- [4] M.J.W. Lee, C. McLoughlin, "Teaching and learning in the web 2.0 era: empowering students through Learner-Generated Content". International Journal of Instructional Technology & Distance Learning. 4 (10). 2007. http://itdl.org/Journal/Oct_07/article02.htm (última visita Junio de 2012)
- [5] B. S. Bloom, *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*; pp. 201-207; (Ed.) David McKay Company, Inc. 1956
- [6] E. Sener, "In search of student-generated content in online education". E-mentor 4 (21) 2007 www.e-mentor.edu.pl/eng (última visita Junio de 2012)
- [7] M. Pérez-Mateo, M.F. Maina M. Gitert, M. Romero, "Learner Generated Content: Quality Criteria in online Collaborative Learning". European Journal of Open, Distance and E-Learning. 2011 <http://www.eurodl.org/?article=459> (última visita Junio de 2012)
- [8] T. O'Reilly, "Qué es Web 2.0. Patrones del diseño y modelos del negocio para la siguiente generación del software". Fundación Telefónica. Artículos de la Sociedad de la Información. 2006 http://sociedadinformacion.fundacion.telefonica.com/DYC/SHI/Articulos_Tribuna_-_Que_es_Web_20/seccion=1188&idioma=es_ES&id=2009100116300061&activo=4.do (última visita Junio de 2012)

- [9] Observatorio de la actividad, la innovación y las tendencias en la Formación en Red. Formación Web 2.0. SCOPEO Monográfico nº 1. 2009.
- [10] M. Hart, T. Friesner, "Plagiarism and Poor Academic Practice – A Threat to the Extension of e-Learning in Higher Education?" Electronic Journal on e-Learning Volume 2 (1) 2004 pp. 89-96S.
- [11] J. Sureda, R. Comas, M. Morey, "Las causas del plagio académico entre el alumnado universitario según el profesorado". Revista Iberoamericana de Educación, Núm. 50, 2009, pp. 197-220
- [12] A. Smith, P. Peck, "The teacher as the 'digital perpetrator': Implementing web 2.0 technology activity as assessment practice for higher education Innovation or Imposition?" Procedia Social and Behavioral Sciences 2 2010 pp. 4800-4804
- [13] J.V. Boettcher, "The rise of student performance content". Campus Technology 2006.
<http://www.campustechnology.com/article.aspx?aid=40747> (última visita Junio de 2012)
- [14] C. McLoughlin, M.J.W. Lee, "Future Learning Landscapes: Transforming Pedagogy through Social Software". Innovate: Journal of Online Education, 4 (5) 2008
<http://www.innovateonline.info/index.php?view=article&id=539> (última visita Junio de 2012)
- [15] C. Dale, G. Povey, "An evaluation of learner-generated content and podcasting". Journal of Hospitality, Leisure, Sports and Tourism Education 8. (1) 2009 pp. 117-123
- [16] C. Dale, G. Povey, "Promoting Learner Generated Content and Podcasting in Postgraduate Hospitality Education". "Models for Interdisciplinary Mobile Learning: Delivering Information to Students. IGI Global, 2011. Pp. 175-194.
- [17] S-C. Yang, N-S .Chen, A-S. Chen "A student-generated web-based oral history project". Journal of Computer Assisted Learning 18, 2002 pp. 272-281J.
- [18] S. Wheeler, P. Yeomans, D. Wheeler, "The good, the bad and the wiki: Evaluating student-generated content for collaborative learning". British Journal of Educational Technology 39 (6) 2008 pp. 987-995
- [19] M.A. Marzal, "Los blogs en el nuevo modelo educativo universitario: posibilidades e iniciativas". textos universitaris de biblioteconomia i documentació 19 2007. <http://www.ub.edu/bid/19marza2.htm> (última visita Junio de 2012)
- [20] S. Leslie, "Matrix of some uses of blogs in education", EdTechPost, 2003 <http://www.edtechpost.ca/mt/archive/000393.html> (última visita Junio de 2012).
- [21] <http://fisicaieateruel.wordpress.com/> (última visita Noviembre de 2012)
- [22] <http://www.plagium.com/> (última visita Noviembre de 2012)
- [23] J. Piaget, (1978) *Las estructuras cognitivas*. Madrid: Editorial Siglo XXI.
- [24] J. Herrington, "Authentic e-learning in higher education: Design principles for authentic learning environments and task". E-learn conference 2006.
- [25] L.S. Vigotsky, (1978). *Mind in Society*. Cambridge: Harvard.
- [26] C. Suárez (2010). *Cooperación como condición social de aprendizaje*. Barcelona: UOC.
- [27] University of California Berkeley, Evaluando páginas web: técnicas a aplicar y preguntas a formular. Teaching Library Internet Workshops Traducción Lissette Fernández.
<http://www.ub.edu/forum/Conferencias/evalua.htm> (última visita Noviembre de 2012)
- [28] <http://es.wikipedia.org> (última visita Noviembre de 2012)



Ana Mª López es Licenciada en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza, obtuvo el Doctorado en Ciencias Físicas por la misma Universidad en 2001. Desde el año 2000 desarrolla su labor docente en la Escuela Universitaria Politécnica de Teruel de la misma Universidad, en el Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. En este mismo departamento colabora en proyectos de investigación asociados al procesamiento de señal acústica y es responsable en proyectos de tecnologías de identificación automática.

En Junio de 2012 ha completado los estudios de Máster en Educación y TIC en la Universitat Oberta de Catalunya, centrando su trabajo fin de máster en el concepto de Learner Generated Content.



Cristóbal Suárez es Licenciado en educación, especialidad Filosofía y Ciencias Sociales por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, obtuvo su Doctorado en Educación, procesos de formación en espacios virtuales, por la Universidad de Salamanca. Es profesor de la Universitat de València, Departament de Didàctica i Organització Escolar. Investiga sobre el desarrollo de la pedagogía en la Sociedad Red.

Es miembro de la Red de Expertos de la Escuela Virtual para América Latina y el Caribe del PNUD y del Consejo Asesor del Informe Horizon Iberoamérica 2012-2017 (UOC-NMC). Autor del blog "Educación y Virtualidad" <http://educacion-virtualidad.blogspot.com/es/>

O Uso do Moodle como Ferramenta de Ensino Colaborativo: um Estudo Focado no Wiki

Anna Helena Silveira Sonogo e Érico Marcelo Hoff do Amaral

Title: The use of Moodle as a tool of collaborative learning: a study in focused

Abstract: This study had intention to evaluate the Wiki tool, of the Moodle in accordance with the performance of the pupils. A research with pupils was carried through who used the Virtual Environment of Learning, in which they had engaged in the construction of a collaborative text, showing the importance/consequences of the use of Information Technology and Communication in small and medium and midsize Sant'Ana do Livramento. The Wiki provides a collaborative learning, building concepts, leading to a final result with the author and co-authors, leading to dialogue and problem-solving interaction

Index Terms: Virtual Environment of Learning, collaborative text, Wiki, interaction.

I. INTRODUÇÃO

A educação é de suma importância para o desenvolvimento da sociedade, pois nosso país depende da qualidade das ações educacionais para se desenvolver cultural e economicamente, aumentando renda e qualidade de vida da sua população. O Brasil já avançou muito nesse campo nas últimas décadas, desde a política educacional inclusiva, a reformulação do ensino básico, as novas formas de acesso ao Ensino Superior e também a educação a distância, exigindo profissionais capacitados e flexíveis às mudanças.

O Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), integrado ao LMS (*learning management system*), é um espaço para interação entre professor e estudantes, levando em consideração que práticas pedagógicas mediadas pelas tecnologias educacionais em rede podem tornar o processo de ensino-aprendizagem mais interativo, dinâmico e dialógico-problematizador, proporcionando interface teoria-prática.

O AVEA permite gerenciar, acompanhar cursos e conteúdos on-line. Também possibilita a automatização de alguns aspectos administrativos como: inscrição, disponibilização de conteúdos, ferramentas de comunicação, registro de desempenho e atividades. (ANDRADE e BRASILEIRO, 2003 apud SEGUNDO e RAMOS, 2005, p.3).

Dentre os AVEAs mais conhecidos e difundidos no meio educacional podem ser citados: o Moodle, o TelEduc, o e-ProInfo, o WebCT e o AulaNet. Neste trabalho, estudou-se o Moodle e suas ferramentas, em especial, a ferramenta Wiki. Escolheu-se a Wiki

como objeto de estudo, porque se acredita que esta proporciona uma aprendizagem colaborativa e interativa aos estudantes. O papel do professor, nesse contexto, torna-se descentralizado na medida em que todos os envolvidos são aprendizes e podem contribuir uns com os outros. Essa perspectiva vai ao encontro da formação da inteligência coletiva, possibilitando a construção do conhecimento e desenvolvendo habilidades intra e interpessoais. (DOUGIAMAS, TAYLOR apud ALVES, BARROS, OKADA, 2009, p. 20). Nesse sentido, esta pesquisa avalia a ferramenta Wiki do Moodle considerando o desempenho dos estudantes do Curso Binacional (estudantes Brasileiros e Uruguaios) a partir das questões dialógico-problematizadoras: A atividade desperta curiosidade e interesse? A Wiki potencializa interação com colegas e professores no AVEA? Ocorre aprendizagem colaborativa com o uso dessa ferramenta? Para contemplar a proposta de pesquisa, este trabalho compõe-se de sete seções. Na primeira seção, delimita-se o tema de estudo explicitando os objetivos e a justificativa. A segunda seção traz os principais conceitos relacionados a ambientes virtuais como o Moodle, por exemplo, e, em particular, à utilização da ferramenta Wiki e sua colaboração na aprendizagem. Na terceira seção, apresenta-se a metodologia adotada, especificando o tipo de estudo, o local, o público alvo e o período de realização da pesquisa. Na quarta seção, aborda-se o desenvolvimento com a técnica e a análise dos dados. A quinta seção apresenta os resultados dos dados coletados e a análise destes associados ao referencial teórico. A sexta e a sétima seção trazem a conclusão e as referências consultadas.

II. REFERENCIAL SOBRE O WIKI DO MOODLE

Nesta seção, apresenta-se o Moodle, um AVA que, inicialmente, era utilizado somente em cursos EaD, depois em cursos semipresenciais e hoje, com o fomento à integração das tecnologias na educação, é utilizado em cursos presenciais como uma ferramenta de apoio à aprendizagem. Com base nesses aspectos, o presente estudo analisa a utilização da Wiki como ferramenta colaborativa no processo ensino-aprendizagem.

A. O Uso do Moodle como Ferramenta de Apoio na Aprendizagem

O papel do professor na educação a distância, semipresencial e presencial, vai muito além de ser informador, que dita conteúdo, ele se transforma em orientador de aprendizagem, em gerenciador de pesquisa e comunicação dentro, fora da sala de aula e no ambiente virtual. Moran (2006), diz:

No presencial, aprendi a elaborar cursos em parte preparados e em parte construídos junto com os alunos. O sucesso dos cursos dependia de mim, do planejamento e

Aluna do Mestrado em Educação. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Santa Maria, Brasil. email: {sonogo.anna@gmail.com}

Prof. Ms. Do Curso Engenharia de Computação - Campus Bagé. Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) Bagé, Brasil. email: {ericohoffamaral@gmail.com}

DOI (Digital Object Identifier) pendiente.

organização, mas também dependia dos alunos, da sua motivação, da sua competência adquirida.

O Moodle, conforme os autores Ribeiro, Mendonça e Mendonça (2007), significa *Modular ObjectOrientedDistance Learning (Moodle)*. É uma plataforma, *Open Source*, ou seja, pode ser instalado, utilizado, modificado e mesmo distribuído. Essa ferramenta está fundamentada nas teorias de aprendizagem sócio-construtivistas, acreditando na construção de ideias e conhecimentos em grupos, de forma colaborativa.

Para Santos (2003), “um ambiente virtual é um espaço fecundo de significação onde seres humanos e objetos técnicos interagem, potencializando assim a construção de conhecimentos, logo a aprendizagem” (p.223). Interação percorre os conteúdos e informações acessíveis por meio da Internet.

O AVA potencializa o processo ensino-aprendizagem, valorizando o papel do professor em planejar, implementar e organizar as atividades didáticas no ambiente, de forma dialógico-problematizadora. Essa flexibilidade de opções permite desenvolver uma estrutura educativa que utilize as diferentes modalidades de aprendizagem como base pedagógica.

A aprendizagem online tem características diferentes da aprendizagem presencial, começando pelo tempo e espaço indo até as questões relacionadas à participação, colaboração, comportamento e trabalho individual do aluno. O AVA oportuniza que o conhecimento possa ser construído através da interação entre os participantes, gerando discussões e troca de ideias no ambiente colaborativo, além de, situações de busca de informações, trabalhos em grupo, discussões até mesmo em tempo real, gerenciamento e controle das atividades, a fim de superar os maiores desafios que são: participação e motivação nos cursos com atividades a distância, ou seja, atividades no AVA.

B. A Wiki como Ferramenta Colaborativa

A Wiki foi criada por Ward Cunningham em 1995, que tinha como intuito desenvolver uma ferramenta na qual qualquer usuário, mesmo sendo leigo em ferramentas computacionais, pudesse inserir dados através da Web e alimentar uma base comum de dados vitais de forma colaborativa. (SCHONS, 2008, p. 80).

A Wiki é uma ferramenta de atividade que visa à produção escolar colaborativa. Isso significa dizer que não requer respostas prontas e individualizadas, mas que, a partir de uma temática, as ideias sejam construídas em conjunto, em coautoria. (ABEGG E BASTOS, 2010, p.1). Essa atividade potencializa a colaboração no ensino-aprendizagem mediado pelas TIC, gerando um processo de produção, investigação, diálogo-problematizador e reflexão, além de oportunizar que o aluno desenvolva sua autonomia.

C. A Wiki no Fortalecimento da Aprendizagem através do Intercâmbio entre Brasil e Uruguai

A relação entre o Instituto Federal Sul-Rio-Grandense (IFSul) e o Consejo de Educación Técnico Profesional – Universidad Del Trabajo Del Uruguay (CETP-UTU)- em uma reunião realizada na cidade de Montevidéu (Uruguai) com a Agência Brasileira de Cooperação (ABC) do Ministério das Relações Exteriores, identificou a

necessidade do fortalecimento da oferta de educação técnica profissional na região de fronteira através de intercâmbio entre o Brasil e o Uruguai (IFSul-Rio-Grandense). Tendo em vista essa questão, a Wiki pode potencializar a aprendizagem de estudantes estrangeiros e brasileiros, por ser considerada como um trabalho em grupo, potencializando a integração dos estudantes pelo fato de serem estes bianacionais.

O fato dos estudantes serem binacionais é um fator positivo, pois podem apresentar diferentes pontos de vista na mesma atividade, podendo, assim, demonstrar as semelhanças e diferenças no campo das tecnologias, existente entre as duas nacionalidades. Conforme Maschio e Citolin (2011), o Campus Avançado Santana do Livramento insere-se na campanha gaúcha, num contexto bastante peculiar, onde Brasil e Uruguai são separados – ou unidos – por uma rua. As relações políticas, econômicas e culturais entre os dois países são intensas e constantes, o que significa que, apesar da proximidade, cada país possui suas próprias características em relação ao uso das tecnologias, e seus limites e desafios perante ao uso de ambientes virtuais de aprendizagem.

D. Monitoramento das Atividades de Estudo

Durante a realização Wiki ou outra atividade correspondente ao Moodle, faz-se necessário o monitoramento da atividade de estudo, para que se possa acompanhar o desenvolvimento do aluno. Através das ações de monitoramento, obtém-se as dúvidas, pode-se auferir qual a frequência de acesso do aluno ao AVA, verifica-se se ele está realizando as tarefas ou se apenas as visualiza. Com esses dados pode-se montar um relatório das atividades propostas.

Através dos resultados dos relatórios do monitoramento das AE, pode-se identificar as dificuldades e direcionar o aluno a solucionar os problemas em questão, impulsionando-o para o sucesso da tarefa. Desse modo, além de contribuir na sua aprendizagem sócio-construtiva, o aluno sentir-se-á motivado na realização das tarefas.

III. METODOLOGIA

Este estudo utilizou a pesquisa-ação, que é um tipo de pesquisa social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com uma resolução de problema coletivo, na qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1997). A pesquisa-ação é um método de condução de pesquisa aplicada, orientada para elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções.

A metodologia deste trabalho objetivou a criação de um texto colaborativo através Wiki, no qual os estudantes tinham como tarefa escrever sobre um tema definido. Após, realizou-se uma aula expositiva e oral exercitando e explorando a ferramenta Wiki. Concluída essa etapa, finalizou-se a atividade com a aplicação de um questionário avaliativo sobre a atividade e suas ferramentas de uso. Para realização da atividade proposta, o desejável é um grupo de estudantes com idade média a partir de 16 anos e que estejam estudando, para poder ter acesso ao AVEA.

IV. DESENVOLVIMENTO

Nesta seção, será apresentado o local, o público alvo, o período, o modo como foi realizada a coleta de dados e o planejamento da atividade percorrendo desde o referencial teórico até o desenvolvimento da pesquisa. (Figura 1).

Foi disponibilizado junto ao Wiki, um fórum para discutir ou questionar dúvidas sobre a tarefa e um tutorial para auxiliar na realização desta. Durante asduas semanas de trabalho, foi feito o monitoramento da atividade para acompanhar o desenvolvimento dos estudantes.

Estava previsto no AVEA que, no último dia da atividade, haveria uma aula para cada turno sobre a Wiki, na qual se realizou explicações sobre a tarefa. O objetivo dessa atividade sobre o tutorial era explorar as ferramentas que compõem a Wiki. Conforme iam sendo explicadas, os estudantes tinham 15 minutos para exercitá-las. Nesse sentido, na primeira atividade, os links da plataforma de apoio presencial Moodle foram analisados e visualizados.

Na segunda atividade, foi explicado como inserir uma imagem de um arquivo do computador e uma imagem com URL diretamente da internet, então os estudantes, em duplas, tiveram uns 15 minutos para realizar a inserção da imagem. (Figura 2).

Na terceira atividade, explicou-se como inserir links (externos e internos) e, após, os estudantes tiveram o tempo estipulado para realização desta.

Na quarta atividade, os estudantes escolheram uma dupla para formatar o texto (fonte, letra, parágrafo, centralizar imagens, etc.). Na quinta atividade, eles participaram do fórum que estava disponível junto ao Wiki, pois até o momento da aula ninguém havia participado, a maioria afirmou que não havia percebido o fórum e o restante da turma disse que não participou porque não era uma atividade avaliativa, já a Wiki fez parte da avaliação da disciplina de IISO. Na sexta atividade, os estudantes responderam a um questionário avaliativo sobre a atividade da Wiki, no qual deveriam ainda informar se trabalhavam e estudavam, só trabalhavam ou só estudavam; o sexo e a idade, sem precisar identificar-se.

Com base nesses dados a partir da aula interativa sobre a Wiki e o questionário, obtiveram-se informações suficientes para analisar a relevância da ferramenta Wiki em relação à aprendizagem colaborativa com o uso dessa ferramenta.

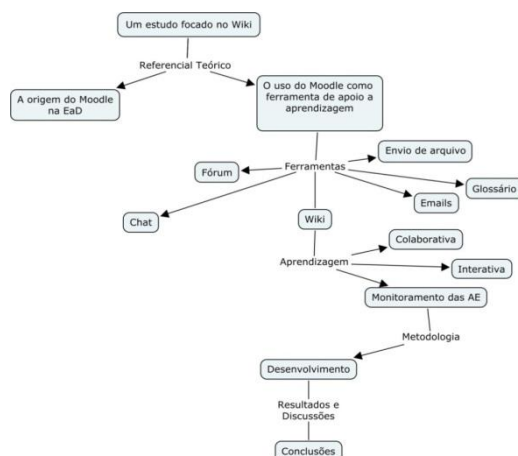


Figura 1. Etapas da Pesquisa

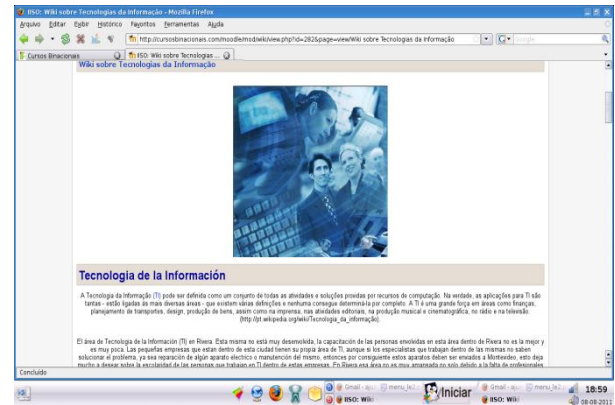


Figura 2: Imagem do Fórum disponibilizado no Moodle do IF Sul-Rio-Grandense - Campus Avançado de Sant'Ana do Livramento.

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A utilização da Wiki, através do Moodle, é uma forma de apoio à aprendizagem presencial, que contribui para aprendizagem colaborativa, exercitando a leitura e a escrita em grupo na construção de um texto.

Essa ferramenta permite que a aprendizagem seja muito significativa e colaborativa para o aluno. Para Villalta (2007), os colaboradores ficam mais motivados, pois passam da posição de leitores e observadores para a de escritores, criadores e autores de conteúdos. Já que os estudantes serão os autores e coautores do texto, agregando informações, conceitos e valores próprios.

Esses fatos vão ao encontro do que Schons (2008) diz: “o conhecimento coletivo, fruto do compartilhamento de conhecimentos individuais, representa algo melhor do que a soma desses conhecimentos em separado”.

Ao analisar a atividade Wiki, pode-se observar que a turma do período da tarde obteve um número maior de participação em relação à turma da noite, ou seja, a maioria dos estudantes fez mais de uma postagem antes da aula presencial. Acredita-se que esse resultado se deve ao fato de que a maioria dos alunos somente estudaram, e terem maior disponibilidade de tempo. Porém, o fato de realizar uma postagem não indica interação, colaboração e problematização, indica somente a participação dos estudantes, então, conclui-se que os estudantes ainda não estão realizando a atividade Wiki conforme seu conceito citado no referencial, que é de produção escolar colaborativa e contínua ao longo da atividade. Alguns estudantes não conseguiram se organizar no seu tempo e acabaram deixando para a última hora ou esquecendo de realizar a Wiki, fator que dificulta o entendimento da tarefa. Não era uma tarefa de envio de arquivo único, tratava-se de uma Wiki, que deve ser realizada ao longo do período que ela está disponível, então, nesse tempo, o estudante pode visualizar, dialogar, editar, ver o histórico de participações, potencializar a interação e a colaboração, participação, já que essa atividade requer tais concepções em vez da postagem de uma única resposta.

Há que se destacar, nas duas turmas, as colaborações na língua portuguesa e espanhola, pelo motivo do curso ser binacional entre os países Brasil e Uruguai. Além do compartilhamento de informações das Tecnologias da Informação das empresas da cidade de Rivera (UY), no qual traçaram um comparativo com as empresas de

Sant'Ana do Livramento, a interação colaborativa oportunizou aos estudantes o fortalecimento entre dos dois idiomas, sendo uma forma de aprendizagem, para estudantes uruguaios, da língua portuguesa e para estudantes brasileiros a língua espanhola. De acordo com essa concepção, estudantes binacionais podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que a atividade é colaborativa e no produto final podemos obter um texto com autores e coautores de duas nacionalidades, apresentando visões com semelhanças e/ou diferenças conforme a natureza do seu país.

Durante o monitoramento da AE Wiki, percebeu-se que ambas as turmas demoraram três dias para acessar a atividade e realizar sua colaboração. Esse intervalo de tempo justifica-se pelo fato dos estudantes não possuírem o hábito de acessar diariamente o Moodle, assim outro fator é de ser uma atividade avaliativa diferente das que estão habituados. Desse modo, esses fatores podem ter gerado alguma barreira na visualização e iniciativa para realização da tarefa. Após quebrar a barreira e o primeiro aluno participar Wiki, o restante da turma foi aos poucos acessando, postando, acessando novamente e atualizando o que já haviam escrito. Ressalta-se que todos os estudantes tiveram acesso à tarefa, mesmo que somente para visualização.

Pôde-se perceber na aula presencial, que os estudantes demonstraram interesse e curiosidade pela atividade, pois quando questionados sobre como realizar o Wiki (editar, histórico, gravar), todos sabiam como operacionalizar as funções de acordo com o tutorial. Alguns estudantes tentaram inserir imagem e não obtiveram resultado positivo, talvez por terem feito uma leitura breve do tutorial, ou porque o enunciado da atividade online não solicitava, mas, na aula presencial, demonstraram curiosidade em saber como era o processo e, depois que este foi explicado, puderam explorar as potencialidades da ferramenta, exercitando comandos como inserir links, por exemplo.

Quanto ao questionário de avaliação da ferramenta Wiki do Moodle, aplicado aos estudantes no final das duas aulas presenciais, chegou-se a algumas conclusões tendo como base a análise dos dados coletados nas duas turmas. A união desses dados geram melhor visualização gráfica. A turma do período da tarde é composta por 14 estudantes enquanto a do período da noite por 15 estudantes.

Quando se perguntou se a construção de um texto colaborativo poderia contribuir na aprendizagem, os 29 estudantes disseram que sim, porém 41% dos estudantes afirmaram que a construção do texto colaborativo foi importante para poder visualizar diferentes pontos de vista e enriquecer o conhecimento sobre o assunto em questão. Já 21% disseram que a prática contribuiu na aprendizagem por ser uma atividade inovadora que possibilitou troca de experiências. De acordo com o gráfico, 14% dos acharam que a proposta contribuiu na aprendizagem por ser uma atividade de interação da turma com o professor e ou tutor, enquanto que 24% dos estudantes disseram que ver o texto sendo construído coletivamente, motivou-os a seguir colaborando e os deixou ansiosos para visualizar o trabalho concluído. (Ver gráfico 1).

Após, foi questionado se eles já conheciam a Wiki e 24% dos estudantes disseram que já tinham ouvido falar, mas que não tiveram a oportunidade de participar e 79% afirmaram que não conheciam e nem sabiam de sua existência. (Ver gráfico 2).

Como em aula foi revisado o tutorial Wiki e após os estudantes tiveram 15 minutos para explorar cada recursora ferramenta, como inserir imagem e fazer um link, (interno ou externo), 83% dos estudantes conseguiram inserir a imagem e apenas 17% não conseguiram. Estes afirmaram que não conseguiram realizar a tarefa eles porque não estavam com a imagem salva no computador e porque no local da URL não colocaram um endereço da web. Já o link, 90% dos estudantes conseguiram inserir com sucesso e os 10% dos estudantes que não conseguiram alegaram que não deu tempo no período da aula. (Ver gráfico 3).

Ao serem questionados se sabiam que o professor/tutor e os próprios estudantes poderiam visualizar o histórico da atividade, todos responderam que descobriram na própria atividade, pois puderam ver a colaboração dos colegas. Segundo eles, esse fato gerou curiosidade e motivação para seguir colaborando na atividade.

Por fim, fez-se o seguinte questionamento: Por que é fundamental o monitoramento das atividades de estudo? Quanto às respostas, 59% dos estudantes disseram que é importante o monitoramento para observar o desempenho do aluno e se necessário ajudá-lo/orientá-lo, 3% disseram que o monitoramento é para forçar os estudantes a fazerem a tarefa, 28% responderam que é para saber quem faz as atividades e 10% dos estudantes não responderam. (Ver gráfico 4).

VI. CONCLUSÃO

Como uso do Moodle, concluiu-se que essa ferramenta de apoio à aprendizagem presencial possibilitou compartilhar informações no AVA, o que antes só era possível em cursos EaD. Como atualmente ele está sendo muito utilizado em cursos presenciais, proporcionou que o aluno realizasse tarefas paralelas à aula, assim como

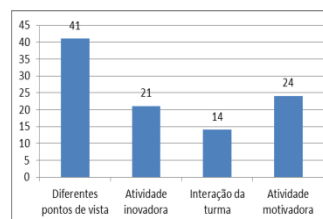


Gráfico 1: A contribuição de um texto colaborativo na aprendizagem.

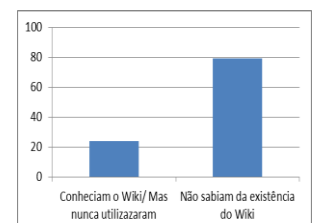


Gráfico 2 : Conhecer a atividade Wiki.

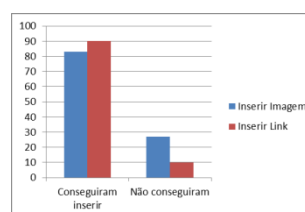


Gráfico 3: Inserir imagem.

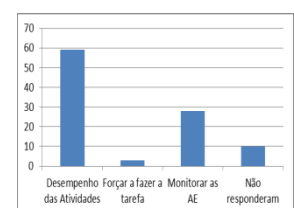


Gráfico 4: Monitoramento das Atividades de Estudo.

tarefas extraclasse, que favoreceram o fortalecimento no processo de ensino-aprendizagem.

A Wiki é uma atividade que fortalece o diálogo-problematizador, a interação e o desenvolvimento da autonomia dos estudantes, induzindo à construção do conhecimento. Possibilita a aprendizagem colaborativa, ou seja, é um trabalho em grupo, no qual cada aluno faz sua postagem no tempo e espaço desejado. A participação na Wiki gerou motivação, conforme já citado por Villalta (2007), os colaboradores sentiram-se motivados, pois passaram da posição de leitores e observadores para a de escritores, criadores, autores e coautores, já que os estudantes colaboraram agregando informações, conceitos, valores e concepções próprias. No final da atividade, obtivemos um texto com diversos pontos de vista referentes ao mesmo assunto, no caso do estudo, as Tecnologias da Informação utilizadas nas empresas de pequeno e médio porte de Sant'Ana do Livramento, tendo como contraponto as semelhanças e diferenças das empresas do país vizinho, o Uruguai. Essa prática possibilitou conhecer as diferentes realidades, permitindo estabelecer relações ou comparações com as tecnologias utilizadas nos dois países.

Por conseguinte, a atividade desenvolvida, além de gerar interação, ampliou a comunicação entre os estudantes binacionais e estimulou a colaboração, conduzindo à criação de novos conhecimentos.

REFERÊNCIAS

- [1] Abegg, I. ; Bastos, F. P. Como Colaborar no Wiki do Moodle. Disponível em: <http://cead.ufsm.br/moodle/file.php/1/tutoriais/tutorial_wiki_Versao_04.10.pdf> Acesso em: 20 de jun de 2011.
- [2] Andrade, M. V.; Brasileiro, F.V. Sistemas de gerenciamento de aprendizagem: uma metodologia de avaliação. In: Segundo, F. R ; Ramos, D. K. Soluções baseadas no uso de software livre: Alternativa de suporte tecnológico a educação presencial e a distância. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/099tcc5.pdf>>. Acesso em 15 de jun 2011.
- [3] Barros, D, M, V. Os estudos de aprendizagem e o ambiente de aprendizagem Moodle. In.: ALVES, L., BARROS, D., OKADA, A. (Org.) MOODLE, Estratégias Pedagógicas e Estudos de Caso. Salvador: EDUNEB – Editora da Universidade do Estado da Bahia. BA, 2009. 384p. Disponível em: <http://www.moodle.ufba.br/file.php/1/Moodle_1911_web.pdf>. Acesso em 30 de jun 2011.
- [4] Barros, J. Equipe Escola Brasil. Educação a Distância. Disponível em: <<http://www.brasilescola.com/educacao/educacao-distancia.htm>> Acesso em: 30 de jun 2011.
- [5] Dougiamas, M. ; Taylor, P. C. Moodle: usando comunidades de aprendizes para criar um sistema de fonte aberta de gerenciamento de curso. In.: Alves, L., Barros, D., Okada, A. (Org.) Moodle, Estratégias Pedagógicas e Estudos de Caso. Salvador: Eduneb – Editora da Universidade do Estado da Bahia. BA, 2009. 384p. Disponível em: <http://www.moodle.ufba.br/file.php/1/Moodle_1911_web.pdf>. Acesso em 30 de mai 2011.
- [6] Instituto Federal Sul-Rio-Grandense. Disponível em: <http://www.ifsul.edu.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=778&Itemid=422>. Acesso em: 14 de out 2011.
- [7] Maschio, A. M. J. ; Citolin, C. B. A literatura como elo de estudos linguísticos e culturais em cursos binacionais. Revista Ideação. Centro de Educação e Letras, Unioeste. Campus Foz do Iguaçu. V. 13 - n 1 - p. 157-167 . 1º sem. 2011 . Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/ideacao/article/viewArticle/5245>>. Acesso em: 12 de nov 2012.
- [8] Moran, J. M. O que aprendi sobre avaliação em cursos semipresenciais. Especialista em projetos inovadores na educação presencial e a distância. Publicado em: SILVA, Marco & SANTOS, Edméa (Orgs). Avaliação da Aprendizagem em Educação Online. São Paulo: Loyola, 2006. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/aprendi.htm>> Acesso em: 10 de jun de 2011.
- [9] Moran, J. M. O que é educação à distância? Especialista em projetos inovadores na educação presencial e a distância, 2002. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/textosead.htm>> Acesso em: 10 de jun 2011.
- [10] Ribeiro, E.N; Mendonça, G. A. A.; Mendonça, A. F. 2007. A importância dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem na busca de novos domínios na EAD. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2007/tc/4162007104526AM.pdf>>. Acesso em: 18 mai 2011.
- [11] Santos, E. O. Articulação de saberes na EAD online: por uma rede interdisciplinar interativa de conhecimentos em ambientes virtuais de aprendizagem. In: SILVA, M. (Org.) Educação online: teorias, práticas, legislação, formação corporativa. Rio de Janeiro: Loyola, 2003.
- [12] Schons, C.H. A contribuição dos wikis como ferramentas de colaboração no suporte à gestão do conhecimento organizacional. Inf.&Soc.:Est., João Pessoa, v.18, n.2, p.7991, maio/ago, 2008. Disponível em: <<http://www.ies.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/1706>> Acesso em: 01 de jun 2011.
- [13] Thiollent, M. Pesquisa-Ação nas Organizações. São Paulo: Atlas, 1997.
- [14] Villalta, M. M. (2007) Una herramienta emergente de la Web 2.0: lawiki. Reflexión sobre sus usos educativos. Revista Iberoamericana de Educación Matemática. n. 9, Mar, 2007. Disponível em: <<http://www.fisem.org/paginas/union/revista.php?id=26#indice>> Acessado em : 12 nov 2012



Anna Helena Silveira Sonogo mestranda em Educação na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), possui graduação em Tecnologia em Agropecuária: Agroindústria pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), conclusão do curso em 2008. Graduada em Formação de Professores de Educação Profissional na UFSM, concluído em 2010. Concluído em 2011 especialização em Tecnologia da Informação e da Comunicação voltada para Educação pela UFSM.



O prof. Msc. **Érico Marcelo Hoff do Amaral** possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) é mestre em Engenharia de Produção (UFSM), com o tema da dissertação na área de Segurança da Informação e Gerência de Incidentes. Também é mestrando em Computação pelo PPGI-UFSM e doutorando no Programa de Pós Graduação em Informática na Educação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é professor do curso de Engenharia de Computação na Universidade Federal do Pampa (Unipampa). Atua no GRECA Grupo de Estudos em Redes e Computação Aplicada. Trabalha com pesquisas na área de Informática na Educação, Gerência de TI, Gestão de Segurança da Informação, Gerência e Suporte a Redes e Infraestrutura de Computação em Nuvem.

Página en Blanco

Aumentando a Flexibilidade de um Sistema *e-learning* Adaptativo através da Abordagem *Responsive Webdesign*

Marcos H. Kimura¹, Avaniilde Kemczinski¹, Isabela Gasparini^{1,3}, Ana Marilza Pernas^{2,3},
Marcelo S. Pimenta³ e José Palazzo M. de Oliveira³, ¹UDESC, ²UFPeL, ³UFRGS

Title—Increasing flexibility of an adaptive e-learning system through the responsive webdesign approach

Abstract—Nowadays Web is accessed by different people and devices, and this variety has hindered the development of flexible systems that are adjusted according to the resolution and the device used by the user. Since the need to adapt the interface according user interaction with mobile devices, this paper proposes the use of responsive web design techniques in an adaptive e-learning system in order to make it more flexible and adapted to current technologies, facilitating its use. Thus, this paper presents the application of these techniques in an e-learning system in use in some Brazilian universities.

Index Terms—Context awareness, Distance learning, Human computer interaction, Web design.

I. INTRODUÇÃO

HÁ pouco mais de uma década, o acesso à *World Wide Web* estava praticamente reservado aos *desktops* e alguns poucos modelos de aparelhos celulares. Com o advento de novas tecnologias móveis, começaram a surgir novos equipamentos com diversas configurações e funcionalidades para acesso à *web* [1]. Atualmente, um sistema *web* pode ser acessado a partir de diferentes tipos de dispositivos, como por exemplo, computadores pessoais, *notebooks*, *handhelds*, consoles de jogos, *tablets*, *smartphones* e celulares, dificultando para o desenvolvedor identificar o contexto tecnológico do usuário [2]. Cada um desses dispositivos possui um posicionamento específico na forma da apresentação de conteúdos *web*, e devido aos diferentes tamanhos de telas e resoluções, começaram a surgir problemas na apresentação do conteúdo disponibilizado nessas plataformas.

O sucesso da engenharia de sistemas interativos é determinado pelos seres humanos que o usam e, portanto, é profundamente afetado pela sua facilidade de uso, pela sua capacidade de desfazer ações indesejadas e de auxiliar a

minimizar erros – que correspondem a alguns dos critérios de usabilidade que tornam o sistema agradável e eficiente – na perspectiva dos seus usuários. ‘Usabilidade’ é um termo que vem sendo usado em substituição ao obsoleto e antropomórfico ‘amigabilidade’ para significar ‘qualidade de uso’. De fato, ‘usabilidade’ não é apenas um conceito mais recente, mas sim mais amplo e consistente e sua investigação tem sido objeto de estudo de uma área multidisciplinar que está na vitrine hoje em dia: a Interação Humano-Computador (IHC). As estratégias mais promissoras para promover a usabilidade de sistemas interativos baseados na *web* determinam que estes sistemas sejam adaptativos e personalizados [3], [4]. Isso se torna ainda mais relevante em sistemas *e-learning*, pois estes são utilizados por uma grande variedade de usuários, os quais possuem diferentes habilidades, estilos e comportamentos.

Apesar dos sistemas adaptativos e personalizados adaptarem informações com base nas características do perfil do usuário, muitos apresentam a interface e a interação com o usuário sem considerar o dispositivo, a plataforma e a resolução de tela do usuário. Este é um problema atual, visto os inúmeros dispositivos e resoluções não padronizados, sendo geralmente abordado de duas maneiras pelos desenvolvedores de sites *web*.

A primeira solução, a qual é geralmente adotada, consiste em simplesmente fornecer uma única versão do site, projetada somente para ambientes tradicionais (*desktop* e *notebooks*). Esta solução provê uma interface com pouca usabilidade e não adequada aos diferentes dispositivos que possam vir a acessar o site. A segunda consiste no desenvolvimento de outro site *web*, para ser acessado especificamente via dispositivo móvel, geralmente através de um endereço diferente do utilizado no acesso tradicional. A vantagem desta solução é que o sistema estará totalmente adequado, com ajustes totais a uma determinada resolução e dispositivo. Porém, a grande desvantagem desta solução é a necessidade de manutenção de dois sites diferentes para um mesmo sistema.

Tendo em vista estas duas soluções tradicionalmente utilizadas, este trabalho propõe uma abordagem para tratamento da adaptabilidade a partir do uso da técnica de *responsive webdesign*. Nesta abordagem, a estrutura do site *web* é reprojetada visando à flexibilidade de utilização por diversos dispositivos e resoluções, onde o desenvolvedor somente necessita realizar manutenções em um único sistema. Desta forma, o objetivo deste trabalho é incluir a abordagem *responsive webdesign* no ambiente AdaptWeb® (Ambiente de Ensino-Aprendizagem Adaptativo na Web)

M. H. Kimura, A. Kemczinski e I. Gasparini, Departamento de Ciência da Computação, UDESC, SC, BRASIL. (e-mail: {mhkimura@gmail.com; {avanilde; isabela}@joinville.udesc.br}).

A. M. Pernas. Centro de Desenvolvimento Tecnológico, UFPeL, RS, BRASIL (e-mail: marilza@inf.ufpel.edu.br).

J. Palazzo M. de Oliveira, M. S. Pimenta, Instituto de Informática, UFRGS, RS, BRASIL. (e-mail: {palazzo; mpimenta}@inf.ufrgs.br).

DOI (Digital Object Identifier) pendente

para adequar as exigências de flexibilidade necessárias aos sistemas hipermídia adaptativos.

Este trabalho está estruturado como segue. A seção II trata a respeito da fundamentação teórica sobre os sistemas hipermídia adaptativos. A seção III apresenta a abordagem *responsive webdesign*, detalhando as técnicas inseridas na mesma. A seção IV detalha o ambiente AdaptWeb®, explorando a arquitetura estendida e o processo de flexibilização do sistema. Por fim, a seção V apresenta as considerações finais do trabalho.

II. SISTEMAS HIPERMÍDIA ADAPTATIVOS

Os sistemas hipermídia adaptativos (doravante chamados de sistemas adaptativos – SAs) são sistemas capazes de adaptar seu estado de acordo com o perfil, o comportamento e o contexto do usuário. Estes sistemas utilizam o modelo do usuário (MU) para determinar a adaptação, utilizando para construí-lo várias informações sobre as características do usuário, tais como: habilidades, conhecimento, necessidades, preferências, comportamento e a forma de interação do usuário com o sistema [5], [6]. SAs são sistemas que podem melhorar a interação do usuário com sistemas computacionais, fazendo uso do MU também na adaptação da interface ao perfil do mesmo. SAs estabelecem um novo panorama, modificando o conceito tradicional ainda existente na área da computação, em que vários usuários, com diferentes características, utilizam a mesma interface padronizada – abordagem “*one size fits all*”.

Os SAs são utilizados em diversos domínios de aplicação (e.g. sistemas de comércio eletrônico, sistemas de turismo *on-line*, sistemas *e-learning*) para resolver diferentes tarefas (e.g. auxiliar usuário a encontrar informação, compilação de informação para usuário, recomendação de produtos e serviços, assistência ao usuário, apoiar na colaboração, etc.).

Tipicamente, SAs utilizam características do usuário tais como idade, grau de formação escolar, *background*, gênero, entre outras, para prover adaptabilidade. Entretanto, com as diversas tecnologias atuais, é possível que um usuário esteja conectado em diferentes lugares e em vários momentos, o que torna imprescindível aos SAs se tornarem sensíveis ao contexto do usuário (do inglês *context-aware and context-sensitive systems*).

Dey [7] apresenta uma definição de *context-aware computing* como “um sistema é ciente de contexto se ele usa contexto para fornecer informações relevantes, e/ou serviços para o usuário, onde a relevância depende da tarefa do usuário”. Existem três categorias de recursos que uma aplicação ciente de contexto pode suportar i) apresentação de informações e serviços a um usuário, ii) a execução automática de um serviço para um usuário, e iii) a marcação de contexto à informação para apoiar a recuperação posterior.

Para o tratamento e compreensão do contexto do usuário de uma forma que faça sentido à aplicação, uma possibilidade é distinguir o contexto com foco central em uma situação específica vivenciada pelo usuário. Neste caso, para entendimento da situação geral vivenciada pelo usuário torna-se necessário avaliar diversas dimensões de contexto, identificadas como “5W+1H” [8], [9]. Essas dimensões identificam a situação do usuário por meio da resposta às questões relativas à: quem faz a ação (*who*); o que o usuário

está fazendo (*what*); em qual local a ação é realizada (*where*); em que momento no tempo (*when*); com que motivação (*why*); e de que forma (*how*).

Nesta perspectiva, identificar a tecnologia do usuário, e.g. o dispositivo pelo qual ele está acessando o sistema, qual é a resolução de tela e qual é a plataforma, são elementos importantes do contexto do usuário que devem ser detectados *a priori* e pelo qual o sistema deveria fornecer adaptações de interface e interação com o usuário.

Tornar um sistema *web* adaptativo sensível ao contexto do usuário visa aumentar sua flexibilidade, em termos de utilização personalizada a cada usuário. Integrando o uso das técnicas de *responsive webdesign*, o mesmo sistema pode ser utilizado por diferentes dispositivos, com qualidade de uso e fácil utilização, tornando-o de fato mais e melhor adaptativo. A seguir a abordagem *responsive webdesign* é apresentada em maiores detalhes.

III. RESPONSIVE WEBDESIGN

Em 2005 a W3C (*World Wide Web Consortium*) – comunidade dedicada no desenvolvimento de padrões para a *web* – reconheceu que a variedade de dispositivos móveis iria retardar o crescimento da *web* móvel [10]. Neste mesmo relatório foi registrado o desafio enfrentado por desenvolvedores de sites *web*, destacando que para lidar com a capacidade altamente diferenciada e as limitações dos dispositivos móveis, os autores de conteúdos e os desenvolvedores de serviços muitas vezes são obrigados a implantar várias versões de suas aplicações e/ou dependerem do uso generalizado de algumas técnicas de adaptação [10].

Em 2008, a W3C reforçou a necessidade de trazer a mesma informação e serviços *web* aos usuários, independente do dispositivo, levando a criação de padrões como *Hypertext Markup Language* versão 5 - HTML5 e o *Cascading Style Sheets* versão 3 - CSS3, que podem detectar e responder aos recursos dos novos dispositivos digitais [11].

Nesse contexto, surgem várias metodologias, técnicas e *frameworks* para apresentação e estruturação de interfaces em dispositivos móveis, dentre elas o *responsive webdesign*, conceito que defende a flexibilização das plataformas *web* e a capacidade de adaptação das interfaces às diferentes resoluções e tamanhos de telas existentes [12].

Com o surgimento de diversos tipos de dispositivos móveis e com diferentes resoluções de tela, se tornou difícil prever quais resoluções são mais prováveis de utilização pelo usuário. Consequentemente criou-se a necessidade de oferecer uma interface adaptável aos diversos tipos de dispositivos. O *responsive webdesign*, adapta o *layout* do site *web* para uma melhor visibilidade, independentemente do dispositivo pelo qual o usuário o acessa, aumentando assim a flexibilidade na apresentação do conteúdo em diversos formatos de tela [13].

O *responsive webdesign* permite aos desenvolvedores criarem um sistema e/ou sites *web* que adaptam o *layout* e conteúdo a diferentes contextos, através de diferentes dispositivos digitais, capazes de reagir às ações do usuário e detectar o meio e o dispositivo nos quais o site está sendo visualizado, oferecendo ao usuário melhor navegabilidade e legibilidade de conteúdo. Com isso, os sites *web* são capazes

de fornecer uma resposta de interface adequada independente da resolução do dispositivo.

A próxima seção descreve a abordagem *responsive webdesign* com relação aos elementos que fazem com que o site *web* se torne mais flexível: o *flexible grid*, o *flexible media* e as *media queries* [12].

A. Flexible Grid

O primeiro elemento utilizado com o *responsive webdesign* é o *Flexible Grid*. Um *grid* é o conjunto de linhas bases que fornecem uma estrutura para um *layout*.

No desenvolvimento de interfaces com a utilização de *grids*, os limites laterais das páginas devem ser definidos utilizando-se percentuais ao invés de *pixels*[14], sendo considerados três critérios na adaptação da interface à resolução da tela:

- 1) Visibilidade: Informações importantes da página devem ser localizadas na parte superior, permitindo que o usuário visualize a informação sem precisar fazer rolagem vertical;
- 2) Estética: Aparência e composição dos elementos disposta de forma consistente e harmônica em diferentes resoluções de tela;
- 3) Legibilidade: Textos devem ser de fácil leitura, mesmo que estejam em colunas de diferentes larguras.

Seguindo estes critérios de visibilidade, estética e legibilidade, o conteúdo das páginas que utilizam o *flexible grid* se ajusta à tela do usuário, adaptando-se à largura da interface à medida que a área de visualização aumenta ou diminui. *Flexible grids* são dinâmicos e adaptam-se ao espaço disponível na interface. A Figura 1a mostra a interface tradicional de um site *web* e as Figuras 1b e 1c mostram os blocos de conteúdo ajustados conforme a resolução de tela.

Como mostra a Figura 1, no conceito de *flexible grid* os elementos são redimensionados e reorganizados na interface conforme a resolução.

A Figura 2 aborda o problema da legibilidade de conteúdo em sites *web* sem a utilização do *flexible grid* (Figura 2a) e com a utilização do *flexible grid* (Figura 2b) em dispositivos do tipo *smartphone*.

B. Flexible Media

Da mesma forma com que ocorre com os blocos de conteúdo em relação à interface, o elemento *Flexible Media* ajusta as mídias (imagens e vídeos) de forma proporcional, mas em relação ao bloco de conteúdo ao qual estão vinculadas.

Essa técnica pode ser aplicada de três formas. A primeira delas, e mais rápida para o desenvolvedor, consiste em redimensionar as mídias, forçando a definição dos atributos de altura e de largura no lado do cliente. A grande desvantagem desta solução é que este redimensionamento é feito no código fonte, fazendo com que o arquivo de mídia não seja de fato diminuído no servidor, ou seja, ele será carregado em sua totalidade e depois redimensionado no lado cliente, o que pode ocasionar uma demora na visualização. Outra forma é fazer um corte nas laterais da imagem, escondendo ou revelando algumas partes da imagem à medida que o *layout* se altera. Essa solução possui o mesmo problema da primeira apresentada, pois também carrega toda a imagem para o lado cliente antes de fazer o corte da mídia.

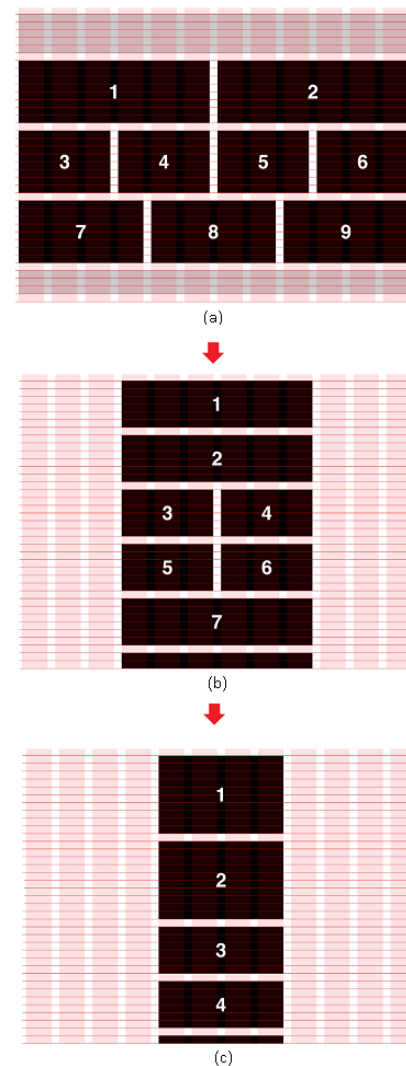


Figura 1. Ajustes dos blocos de conteúdo com o uso do *flexible grid*

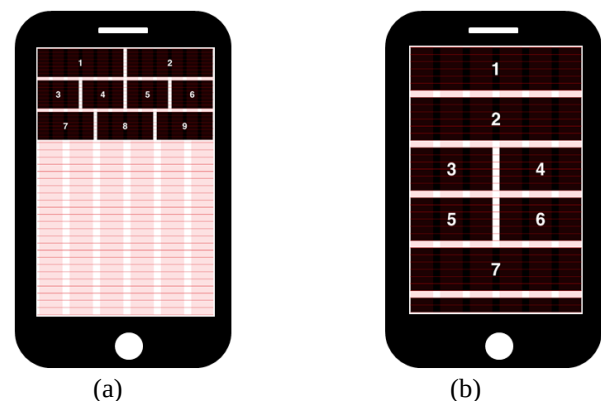


Figura 2. (a) Interface tradicional e (b) Interface com *flexible grid*

Além das duas soluções anteriores, existe também a técnica chamada *adaptive images*, que processa a imagem no servidor de acordo com a resolução do dispositivo e fornece a mídia com tamanho de arquivo menor e sem muita perda de qualidade. O objetivo é diminuir a sobrecarga da transferência de dados entre o servidor e o dispositivo móvel.

C. Media Queries

O terceiro elemento da abordagem de *responsive webdesign* são as *Media Queries*, expressões que direcionam o usuário para uma folha de estilo diferente de acordo com o dispositivo que ele estiver utilizando [15]. Os desenvolvedores podem criar vários *layouts* usando

documentos únicos e seletivamente fornecer folhas de estilo com base em características diferentes, tais como o tamanho de resolução do navegador, orientação da tela ou a cor.

Media queries utilizam *media types*, os quais consistem de atributos para identificação do tipo de dispositivo e demais informações características da mídia, de forma a definir as formatações a serem aplicadas. O navegador ou aplicação lê as expressões definidas e aplica um estilo específico à interface.

O Quadro 1 mostra os vários tipos de *media types* e a sua descrição segundo a W3C [15].

A W3C atualiza constantemente as recomendações para as *media queries* e atualmente vem introduzindo novos parâmetros para atender ao desenvolvimento de sistemas para dispositivos móveis. O uso das técnicas de *responsive webdesign* visa tornar os ambientes mais flexíveis e ajustáveis a diferentes dispositivos e resoluções. Desta forma, a próxima seção apresenta o ambiente AdaptWeb[®], um sistema hipermídia adaptativo educacional que teve sua arquitetura estendida de forma a apresentar característica sensível ao contexto do estudante. No presente trabalho, foram inseridas técnicas de *responsive webdesign* ao seu código-fonte para que o mesmo se torne mais flexível e, deste modo, mais aderente às tecnologias móveis.

IV. FLEXIBILIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO AMBIENTE ADAPTWEB[®]

Um dos aspectos mais importantes nos sistemas interativos em geral é encontrar a melhor maneira com que a informação possa ser apresentada aos usuários. Em um mesmo ambiente, podem ser encontradas diversas classes de usuários com características e objetivos bem diferentes. As pesquisas em sistemas adaptativos educacionais têm demonstrado que considerar o contexto leva a uma melhor compreensão e personalização [16].

Os usuários esperam que as aplicações *web* sejam usáveis, mais confiáveis, seguras, personalizadas e sensíveis ao contexto [17]. Como resultado, o projeto, desenvolvimento, implantação e manutenção de aplicações baseadas na *web* tornam-se inerentemente complexas e desafiadoras. Entretanto, a maioria dos desenvolvedores ainda não leva em consideração as características e requisitos multifacetados das aplicações *web* [17].

A evolução da *web* reflete também na modificação das tecnologias de comunicação, podendo ser utilizadas em

qualquer lugar (*anywhere*), a qualquer tempo (*anytime*), e utilizando uma variedade de dispositivos tais como *desktop*, *notebooks*, PDAs (*personal digital assistants*), *tablets* ou *smartphones* [17].

Trabalhos recentes têm como objetivo proporcionar a capacidade de identificação dos conteúdos e serviços corretos no local, hora e de forma correta, com base na situação atual do aluno. Há uma teoria interessante de aprendizagem para uma sociedade móvel (*mobile society*) em Sharples et al. [18], a qual apresenta a ideia do suporte ao aprendizado através de tecnologias móveis e da mobilidade das pessoas. As interessantes proposições apresentadas pelo GlobalEdu [19], e em [20], em termos de arquitetura, por exemplo, possuem alternativas distribuídas e centrais a diferentes modelos (do contexto, do estudante, e do ambiente). Uma infraestrutura para a aprendizagem ubíqua é apresentada em [21], onde os autores propõem um ambiente para fornecer aprendizagem colaborativa com base em três subsistemas: um responsável pelo acesso ao conteúdo de forma *peer-to-peer* e pela adaptação do sistema; um subsistema responsável pela gestão de anotações de maneira personalizada; e um subsistema multimídia para gestão de grupos de discussão em tempo real. Como o ambiente AdaptWeb[®], abordado neste trabalho, esses trabalhos analisam as diferentes dimensões do contexto para avaliar a interação entre os alunos.

A. O Ambiente AdaptWeb[®]

O ambiente AdaptWeb[®] é um sistema adaptativo educacional baseado na *web* desenvolvido em uma parceria da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e UEL (Universidade Estadual de Londrina) com colaboração do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). Desde 2005 a UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina) participa ativamente no desenvolvimento e melhorias do ambiente.

O ambiente é *OpenSource*, e está disponível no *SourceForge* (<http://sourceforge.net/projects/adaptweb>). A finalidade do ambiente é adaptar o conteúdo, a apresentação e a navegação de acordo com o perfil do usuário. Seu grande diferencial é o ambiente para a autoria e apresentação de cursos na *web*, com condições de adaptabilidade [22].

O AdaptWeb[®] é composto por: um componente de autoria, onde o autor cria e organiza a estrutura de conteúdo de suas disciplinas adaptadas aos cursos; e de um ambiente para o aluno, que apresenta o conteúdo organizado através da sistemática de autoria adaptado ao curso do aluno. Para adaptação do conteúdo e navegação são utilizados arquivos XML (*Extensible Markup Language*) resultantes do processo de autoria onde são aplicados filtros para adaptação da estrutura do conteúdo baseado nas características do modelo do aluno. Uma mesma disciplina, por exemplo, “Linguagens de Programação”, pode ser adaptada a diferentes cursos, *e.g.* Ciência da Computação, Engenharia, Física, Matemática, etc., porém, de forma diferente, pois cada curso necessita apresentar os conteúdos em diferentes níveis de profundidade e abrangência, e necessitam de diferentes exemplos e exercícios, associados com a sua área de atuação. A Figura 3 apresenta duas árvores de estruturas para uma mesma disciplina, adaptada a dois cursos distintos. Essa é uma característica fundamental para a adaptação do ambiente AdaptWeb[®]. Além dessa

TABELA I
TIPOS DE MEDIA TYPES (FONTE: W3C, [15])

Tipo	Descrição
<i>all</i>	todos os dispositivos
<i>aural</i>	sintetizadores de voz
<i>braille</i>	dispositivos táteis e leitores Braille
<i>embossed</i>	impressoras Braille
<i>handheld</i>	celulares e aparelhos com tela pequena
<i>print</i>	impressoras convencionais
<i>projection</i>	apresentações de slides
<i>screen</i>	monitores coloridas (computadores)
<i>tty</i>	dispositivos que usam uma grade fixa de caracteres, ex: terminais
<i>tv</i>	televisores

primeira adaptação, o ambiente também utiliza outras características do perfil do aluno para prover adaptação na interface, navegação e conteúdo: seu conhecimento, seus aspectos culturais e preferências individuais.

Como o ambiente foi desenvolvido em 2001 e pela evolução da *web* desde então, percebe-se que atualmente o ambiente AdaptWeb® apresenta alguns problemas legados, dentre eles:

- Dificuldade para inclusão de novos módulos e manutenção do sistema, devido a pouca documentação existente;
- Utilização de bibliotecas obsoletas e descontinuadas para geração de conteúdo;
- Impossibilidade de escolha dos módulos para a instalação;
- Problemas na visualização em dispositivos não previstos no desenvolvimento inicial, *e.g.* dispositivos móveis.

Este trabalho apresenta uma solução para o último problema apontado, propondo a reestruturação do ambiente, seguindo a arquitetura estendida proposta para o AdaptWeb® e detalhada a seguir. Para tanto, o uso da abordagem de *responsive webdesign* foi incorporada ao ambiente, tornando-o flexível a diversos dispositivos e resoluções.

A arquitetura estendida do ambiente AdaptWeb® foi proposta para promover a sensibilidade ao contexto do aluno e da sua situação, não alterando no ambiente funções atualmente disponibilizadas, uma vez que se encontra operacional. Na arquitetura estendida, apresentada na Figura 4, são adicionados módulos para gerência e manipulação de dados relativos ao contexto do usuário, do domínio educacional e do domínio tecnológico por meio de três servidores, os quais atuam em conjunto para tornar o ambiente sensível ao contexto e mais dinâmico com relação a adaptabilidade fornecida [23], [24]. Na extensão proposta, no momento de acesso do aluno ao ambiente educacional AdaptWeb®, dados referentes ao dispositivo computacional usado pelo aluno e sua localização são detectados e armazenados no banco de dados administrativo, mantido pelo AdaptWeb®, pelo módulo Detector/Coletor de Contexto (Figura 4). Dados a respeito do dispositivo consistem de: resolução de tela (altura x largura); sistema operacional utilizado e navegador usado para navegação. Ainda a respeito do dispositivo computacional, detecta-se se a conexão com a Internet ocorre com velocidade de conexão alta ou baixa e qual a sua localização no momento corrente.

Além de detectar dados sobre o dispositivo computacional usado, o Detector/Coletor de Contexto analisa a interação do usuário, registrando eventos importantes resultantes da ação do usuário com o sistema educacional. Estes eventos são registrados no banco de dados administrativo e notificados ao Serviço de Gerenciamento de Contexto, o qual é responsável pela análise da situação do aluno. Esta situação consiste da inter-relação entre contextos vindos dos serviços gerenciados pelo modelo do usuário, modelo de situação e modelo dos objetos de aprendizagem, como mostra a Figura 4.

Maiores detalhes sobre a arquitetura estendida pode ser encontrado em [23] e [24]. Os detalhes relativos à gerência e descoberta da situação de aprendizado do aluno podem ser

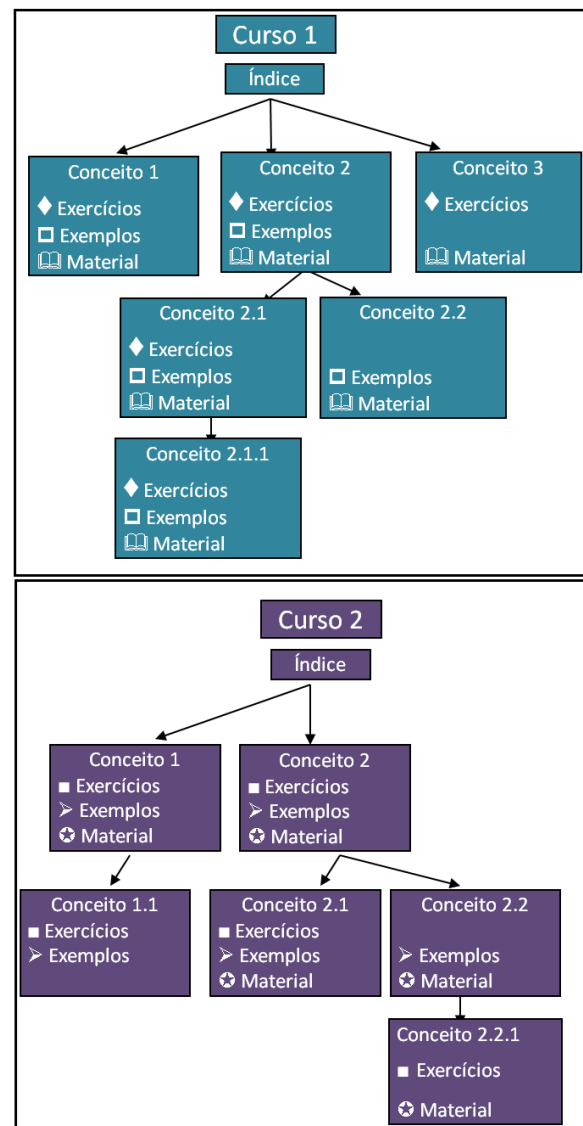


Figura 3. Duas árvores de estrutura de uma mesma disciplina, adaptada a dois cursos diferentes.

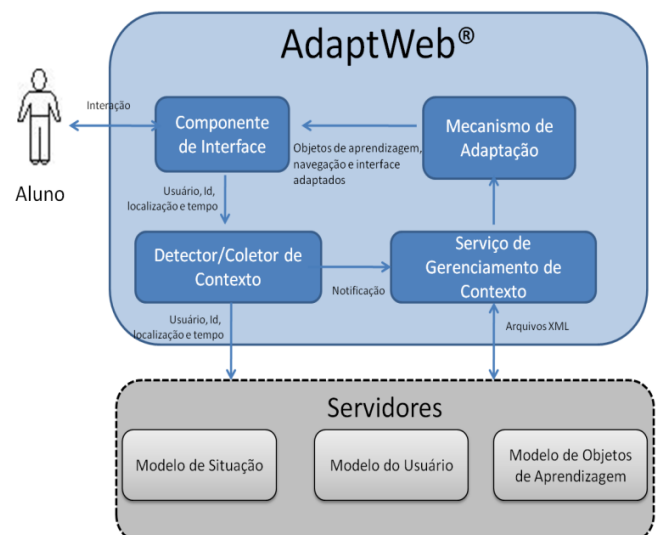


Figura 4. Arquitetura estendida do ambiente AdaptWeb®

encontrados em [25]. O detalhamento do modelo do aluno pode ser encontrado em [26].

B. Aplicação do Responsive Webdesign no AdaptWeb®

O AdaptWeb® é um SA que adapta a interface, navegação e conteúdo com base nas características do usuário. Porém,

como ele foi projetado para a interação *webtradicional*, acessado via navegador e em dispositivos convencionais como *desktops* e *notebooks*, o problema da flexibilidade torna-se evidente quando o sistema é acessado via dispositivos móveis.

A Figura 5 apresenta o uso do AdaptWeb® em um *tablet* sem a detecção de contexto e aplicação das técnicas de *responsive webdesign*. Pode-se observar que existe muito desperdício de espaço e que os recursos oferecidos pelo sistema estão dispostos sem nenhuma flexibilidade. O mesmo acontece com a Figura 6, onde o AdaptWeb® é acessado via *smartphone*.

Com base na arquitetura estendida, novos dados do contexto tecnológico dos alunos foram obtidos, e a abordagem *responsive webdesign* foi utilizada para a reestruturação da codificação do ambiente. Foram utilizados todos os seus três elementos: *flexible grid* para ajustar o conteúdo à resolução do dispositivo, o *flexible images* para ajustar as mídias (imagens e vídeos) contidas no conteúdo educacional e as *medias queries* para direcionar as folhas de estilo (CSS) de acordo com o dispositivo utilizado.

As Figuras 7, 8 e 9 apresentam o ambiente codificado com os elementos apresentados acima. A Figura 7 apresenta o ambiente ajustado para o navegador *web* em um dispositivo *desktop*. Mesmo com as várias modificações realizadas no código, percebe-se que o sistema neste tipo de dispositivo não teve grandes alterações de disposição nos elementos da interface. Porém, quando a mesma disciplina é visualizada em um dispositivo móvel (e.g. *smartphones*), como apresentado na Figura 8, verifica-se que o sistema ajusta automaticamente os elementos da interface, os elementos textuais e as imagens, oferecendo melhor visualização e clareza nas informações, o que não ocorria antes deste processo, como apresentado nas Figuras 5 e 6.

Nesta nova interação com o sistema, elementos secundários, que ficavam ilegíveis na interface por serem apresentados de forma bastante reduzida na tela, agora estão dispostos em um menu lateral que, quando clicado (conforme indica a Figura 8), apresenta um segundo menu,

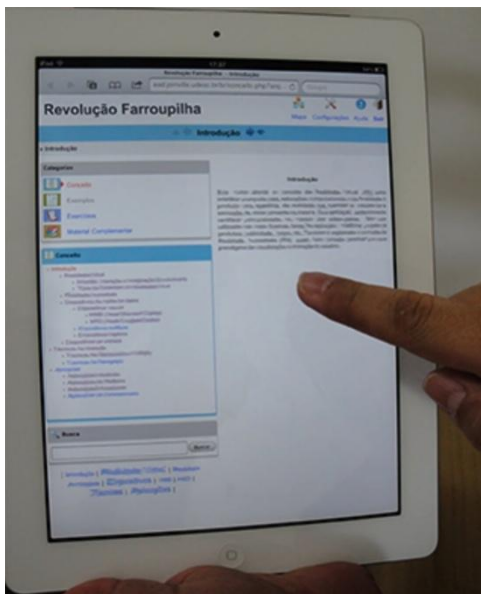


Figura 5. Acesso AdaptWeb® via *tablet* (ainda sem modificações) pelo uso das técnicas do *responsive webdesign*

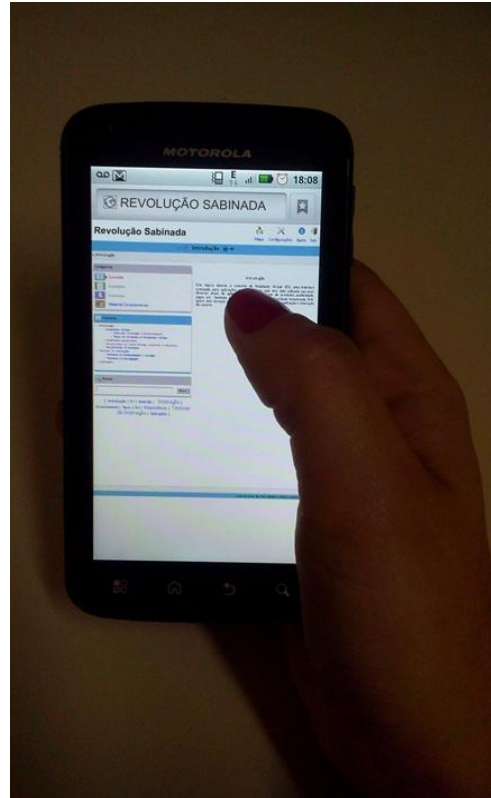


Figura 6. Acesso AdaptWeb® via *smartphone* (ainda sem modificações) pelo uso das técnicas do *responsive webdesign* contendo os tópicos da disciplina e também os recursos do sistema, conforme é apresentado na Figura 9.

Desta forma o ambiente AdaptWeb® tornou-se flexível aos diferentes dispositivos. A motivação para agregação das técnicas de *responsive webdesign* apresentada neste trabalho é fazer com que os alunos tenham mais qualidade de uso no sistema, quando acessado por tecnologias móveis.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o surgimento de diversos tipos de dispositivos móveis, com diferentes tamanhos de telas e resoluções, surge também a preocupação em adequar a apresentação de conteúdo, navegação e interface dos sistemas *webtradicional*s, tornando-os flexíveis independentemente do dispositivo computacional.



Figura 7. Ambiente AdaptWeb® com a aplicação do *responsive webdesign*, acessado via navegador (*desktop*)



Figura 8. Ambiente AdaptWeb® com a aplicação do *responsive webdesign*, acessado via *smartphone*

O AdaptWeb® foi projetado em 2001, e desta forma, seu projeto e desenvolvimento foi desenvolvido para serem visualizados em sistemas *webdesktop*. Em ambientes móveis, o seu *layout* apresentava alguns problemas de visualização, principalmente em relação ao desperdício de espaço para dispositivos com menor resolução, como os *smartphones*. Este é um problema importante a ser tratado em sistemas educacionais, visto o crescente aumento da utilização de dispositivos móveis para uso de sistemas *e-learning*.

O uso da abordagem *responsive webdesign* se mostrou bastante válido para a reestruturação da codificação do ambiente, o qual possui no momento uma arquitetura estendida que permite a captação dos dados do contexto tecnológico do usuário. De posse destes dados, tornou-se possível realizar uma adaptação mais efetiva às características tecnológicas do dispositivo utilizado pelo aluno a cada momento. Esta trabalho focou no aumentada flexibilidade da interação no ambiente AdaptWeb®, aumentando assim sua competitividade frente aos diversos ambientes *e-learning* existentes.

Outros problemas detectados ainda devem ser solucionados para que o ambiente AdaptWeb® possa evoluir, principalmente em relação a flexibilidade de instalação e utilização dos módulos do ambiente de forma separada. Nesta perspectiva, diversas funcionalidades poderão ser melhoradas, o que se espera desenvolver em trabalhos futuros.

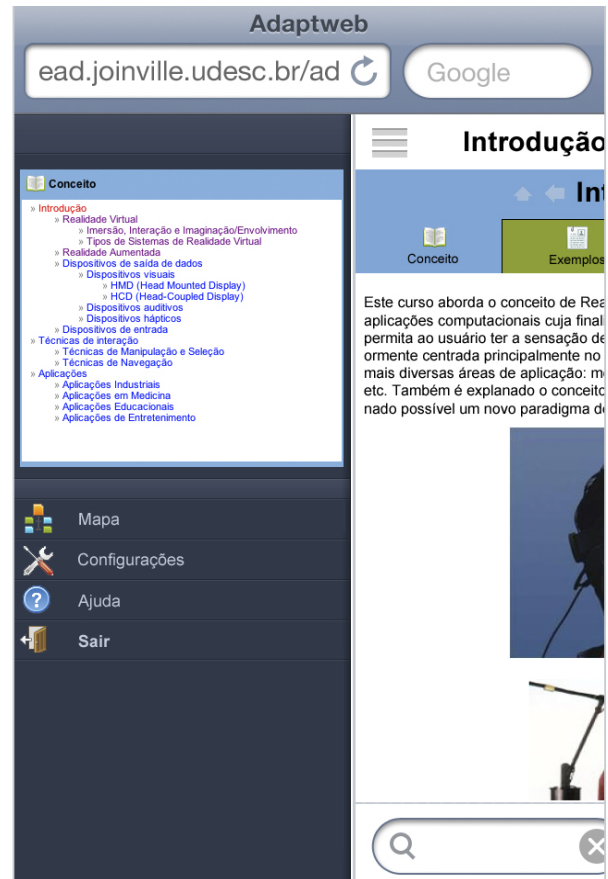


Figura 9. Ambiente AdaptWeb® ao clicar no menu de opções, acessado via *smartphone*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), através dos projetos CT-InFo nº17/2007, PROSUL 08/2010 e Universal (MCT 14/2010).

REFERÊNCIAS

- [1] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update. http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.pdf. Acesso em Maio de 2012.
- [2] Gardner, S. B. *Responsive Web Design: Enriching the User Experience*; Inside the Digital Ecosystem, 2011.
- [3] Brusilovsky, P.; Peylo, C. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13(2-4), 159-172, 2003.
- [4] Weber, G., Kuhl, H., & Weibelzahl, S. Developing adaptive internet based courses with the authoring system NetCoach. *Lecture Notes in Computer Science*, 2266, 226–238, 2001.
- [5] Weibelzahl, S. Problems and Pitfalls in Evaluating Adaptive Systems. In: *Adaptable and Adaptive Hypermedia Systems*. pp. 285-299, Hershey, PA: IRM Press, 2005.
- [6] Schwertner, Marco Antônio; Rigo, Sandro José; Oliveira, José Palazzo M. de. *Mineração de uso em sistema de informação na Web*. Escola Regional de Banco de Dados, 2007.
- [7] Dey, A. K. Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing Journal*, 5 (1), pp. 4-7, 2001.
- [8] Nunes, V. T.; Santoro, F. M.; Borges, M. R. S. Capturing Context about Group Design Processes. *Proc. of the 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, p. 18-23, Melbourne, Australia, 2007.
- [9] Vieira, V.; Tedesco, P.; Salgado, A. C. Modelos e Processo para o Desenvolvimento de Sistemas Sensíveis ao Contexto. In: *Jornadas de Atualização em Informática (JAI)*, CSBC, v. 1, p. 381– 431, 2009.
- [10] W3C Working Group (2005) *Scope of Mobile Web Best Practices*. <http://www.w3.org/TR/2005/NOTE-mobile-bp-scope-20051220>.
- [11] W3C Working Group (2008) *Mobile Web Best Practices 1.0*. <http://www.w3.org/TR/mobile-bp>. Acesso em Maio de 2012

- [12] Marcotte, E. (2011) Responsive Web Design, Electronic Book. Ed. A Book Apart, ISBN-978-0-9844425-8-4.
- [13] Korpi, J.; (2012) Adaptive Web Design: As applied to the design process of a web Application. Metropolis University of Applied Sciences.
- [14] Nielsen, J. e Loranger, H. (2007) Usabilidade na Web – Projetando Websites com Qualidade, Editora Campus.
- [15] W3C Media Queries (2012) W3C Proposed Recommendation 26 April 2012. <http://www.w3.org/TR/css3-mediaqueries>.
- [16] Brusilovsky, P., Millan, E. User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. The Adaptive Web, 4321, 3-53, 2007.
- [17] Murugesan, S. Web Application Development: Challenges And The Role Of Web Engineering. In: Web Engineering: Modelling and Implementing Web Applications. Human-Computer Interaction Series, Springer London, 2008, pp. 7-32.
- [18] Sharples, M., Taylor, J., Vavoula, G. A Theory of Learning for the Mobile Age, The Sage Handbook of Elearning Research, 2007, pp. 221-247.
- [19] Barbosa, D. N. F., Augustin, I., Barbosa, J. L. V. Proceedings of the Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications -Workshops, 2006.
- [20] Rosa, G.P.J, Ogata, H., Yano, Y. A multi-Model Approach for Supporting the Personalization of Ubiquitous Learning Applications, IEEE Intern. Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, pp. 40-44, 2005.
- [21] Tetchueng, J.L.; Garlatti, S.; Laube, S. A Didactic-based Model of Scenarios for Designing an Adaptive and Context-Aware Learning System, IEEE/WIC/ACM Int. Conf. on Web Intelligence, IEEE Computer Society, 2007, p. 723--726.
- [22] Gasparini, I.; Palazzo M. de Oliveira, J.; Pimenta, M. S.; Lima, J. Valdeni de; Kemczinski, A.; Proença Jr, M.; Brunetto, M.A.C. AdaptWeb - Evolução e Desafios. Cadernos de Informática (UFRGS), v. 4, p. 47-54, 2009.
- [23] Pernas, A. M.; Gasparini, I.; Bouzeghoub, A.; Pimenta, M.; Wives, Leandro Krug; Palazzo, José M. de O. From an e-learning to an u-learning environment. In: International Conference on Computer Supported Education (CSEDU), Valencia, 2010. v. 1. p. 180-185
- [24] Gasparini, I.; Pimenta, M. S.; Palazzo M. de Oliveira, J. How to apply context-awareness in an adaptive e-learning environment to improve personalization capabilities?. In: XXX International Conference of the Chilean Computer Science Society -SCCC - JCC2011 - Jornadas Chilenas de Computación, Curicó, 2011.
- [25] Pernas, A. M.; Palazzo, José M. de O. Enabling Situation-Aware Behavior in Web-Based Learning Systems. In: XXX International Conference of the Chilean Computer Science Society - SCCC - JCC2011 - Jornadas Chilenas de Computación, Curicó, 2011.
- [26] Gasparini, I.; Eyharabide, V.; Schiaffino, S.; Pimenta, M. S. Amandi, A.; Palazzo M. de Oliveira, J. Improving user profiling for a richer personalization: Modeling context in e-learning. In: Sabine Graf; Fuhua Lin; Kinshuk; Rory McGreal (Org.). Intelligent and Adaptive Learning Systems: Technology Enhanced Support for Learners and Teachers. : IGI Global, 2012, p. 182-197.



Marcos H. Kimura possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Londrina, UEL (2001). Atualmente é mestrando em Computação Aplicada pela Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, sendo também integrante do Grupo de Pesquisa em Informática na Educação – GPIE. As principais áreas de atuação são: Interação HumanoComputador, interfaces para dispositivos móveis, sensibilidade ao contexto e experiência do usuário.



Avaniide Kemczinski possui graduação em Terapia Ocupacional pela Associação Catarinense de Ensino-Faculdade de Ciências da Saúde de Joinville (1992), especialização em Informática pela Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC (1994), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC (2000) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC (2005). Desde 2002 é professora da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Líder do Grupo de Pesquisa em Informática na Educação no CNPQ-UDESC. Tem interesse nas áreas correlatas à Informática na Educação, notadamente tecnologia educacional, objetos de aprendizagem, interação humano-computador, metodologia de concepção, desenvolvimento e avaliação de ambientes e-learning, realidade virtual aplicada e metodologias e/ou modelos de ensino-aprendizagem.



Isabela Gasparini possui graduação em Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Londrina, UEL (1999) e mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS (2003). Atualmente é professora da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC e doutoranda em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Interação Humano Computador, atuando principalmente nos seguintes temas: adaptabilidade e personalização, avaliação de usabilidade, modelagem do usuário, acessibilidade, educação a distância, sistemas sensíveis ao contexto, contexto cultural.



Ana Marilza Pernas possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pelotas, UFPel (2002), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC (2004) e doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS (2012). É professora da Universidade Federal de Pelotas, atuando principalmente nos temas: sistemas de informação, banco de dados, modelagem conceitual, ontologias e sensibilidade ao contexto.



Marcelo Soares Pimenta é doutor em Informática pela Université Toulouse 1, França (1997) com pós-doutorado na Université Paul Sabatier, França (2002-2003). Atualmente é professor associado e pesquisador no Instituto de Informática (INF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil, orientando alunos de doutorado e mestrado. Suas áreas de interesse são Interação Homem Computador, Engenharia de Software, Computação Musical e a integração entre estas áreas. Tem mais de 100 publicações, incluindo livros, capítulos de livros, artigos em revistas e comunicações em conferências internacionais.



José Palazzo M. de Oliveira é Professor Titular do Instituto de Informática da UFRGS. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1968), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1976) e doutorado em Informática pelo Instituto Nacional Politécnico de Grenoble (1984). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Informação, atuando principalmente nos seguintes temas: ontologia, modelagem conceitual, ensino a distância, banco de dados, sistemas de informação e sistemas na Web. É membro da Comissão de Educação da SBC. Foi Coordenador do PPGC/UFRGS, participou da criação dos programas de doutorado em Computação e Administração da UFRGS, foi vice-presidente da Câmara de PG da UFRGS, membro do Comitê Assessor em Ciência da Computação do CNPq - CA-CC, coordenador do Comitê de Matemática, Estatística e Computação - MEC - da Fundação de Amparo à Pesquisa do RS - FAPERGS e implantou o Curso de Informática Instrumental para professores do Ensino Médio oferecido pela UFRGS para a UAB.

Sección Especial Campus Virtuales

Carina Soledad González-González

Title—Special section Virtual Campuses

Abstract— This invited editorial introduces a special section of the IEEE-RITA journal devoted to the Campus Virtuales'2012, the Third International Conference on Virtual Campuses held in Oviedo, Spain, in January 2012. This section includes the revised and extended version of one paper selected in the last edition of the International Conference on Virtual Campuses. The editorial summarizes the subjects and interest topics about the e-learning in Higher Education and introduces the work selected.

Index Terms—Educational technology, Electronic learning, Computer aided instruction, Courseware, e-learning, LMS

I. INTRODUCCIÓN

ACTUALMENTE, las Instituciones de Educación Superior desarrollan su docencia apoyada en los Campus Virtuales. Si bien se ha producido un gran avance en la incorporación de la tecnología en la docencia universitaria, todavía quedan retos por afrontar. Los modelos docentes de las universidades tradicionalmente presenciales caminan hacia modalidades mixtas (blended learning) y esto requiere de una importante visión y apoyo institucional por su marcado carácter estratégico y organizativo. Además, la internacionalización de la enseñanza abre nuevos desafíos y caminos hacia la creación de redes, movilidad virtual, espacio de trabajos compartidos, laboratorios virtuales remotos, entre otras posibilidades educativas. Por otra parte, las universidades están apostando por sistemas de producción, publicación y distribución de contenidos educativos digitales que abren nuevas oportunidades para compartir el conocimiento en abierto y mejorar asimismo la calidad del material educativo. Los Campus Virtuales son elementos fundamentales, no solo para las instituciones educativas, sino que son una pieza clave del actual tejido empresarial, ya que permiten la formación continua y el aprendizaje a lo largo de la vida, y posibilitan la colaboración, la extensión, la relación con la sociedad y la transferencia de conocimiento.

Por otra parte, los sistemas de e-learning han experimentado un constante crecimiento, las arquitecturas Web son cada vez más complejas, deben integrarse dentro de los sistemas de gestión institucionales e integración de dispositivos móviles, computación en la nube, etc.. [1] Estos ecosistemas tecnológicos específicamente diseñados para soportar los procesos de enseñanza-aprendizaje virtuales necesitan de una adecuada concepción, desarrollo, y mantenimiento, por lo que se hace indispensable la

utilización de los métodos, técnicas y herramientas de desarrollo de software actuales y la participación en el diseño y desarrollo de expertos en didáctica y en tecnología.

II. TENDENCIAS ACTUALES EN CAMPUS VIRTUALES

Las tendencias tecnológicas (accesibilidad, ubicuidad, convergencia de dispositivos, computación en la nube, geolocalización, etc.) y los contenidos digitales en abierto, los nuevos modelos de producción de contenidos, distribución y publicación por streaming en Internet, están cambiando la forma de entender la docencia en las universidades. Uno de los principales retos de los Campus Virtuales, por tanto, es la gestión del conocimiento y el diseño instruccional en entornos de enseñanza-aprendizaje abiertos, ubicuos, sociales e informales.

Por otra parte, la introducción del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) ha generado cambios importantes referidos a la metodología educativa, con un incremento del aprendizaje “social” del alumnado en un “aula más allá del espacio y del tiempo” y con su integración con la actual Sociedad del Conocimiento. Antes, lo importante en la enseñanza de una asignatura era que los alumnos aprendieran un conjunto determinado de contenidos. En el nuevo modelo, por un lado, se tiene en cuenta la carga de trabajo necesaria para que el estudiante prepare la asignatura y por otro, se hace un mayor énfasis en la adquisición de competencias. En este sentido, las redes sociales pueden servir para desarrollar competencias transversales y profesionales en nuestros estudiantes, como por ejemplo, la creación del currículum vitae o la búsqueda de empleo. En este sentido, los entornos personales de aprendizaje (PLEs) y los sistemas de e-portafolio pueden facilitar el aprendizaje autónomo del estudiante y el seguimiento de su aprendizaje por parte del profesorado [2].

Asimismo, el aprendizaje a lo largo de la vida (LLL) y la movilidad de los estudiantes y/o globalización de la enseñanza, cada vez son más importantes. El reciclaje y la adaptación a los cambios requieren de un modelo cada vez mas abierto y flexible que marcan una nueva tendencia para las universidades, mas abiertas y adaptadas a las necesidades formativas de la Sociedad de la Información. Actualmente, prestigiosas universidades, tales como Stanford, Harvard, Yale, Princeton o Berkeley, ofertan cursos abiertos, online y masivos MOOCs (*Massive Open Online Courses*), constituyendo un fenómeno de transcendencia para el e-learning en la Educación Superior [3].

Los MOOCs son cursos semi-automatizados con un diseño instruccional característico (píldoras de vídeos interactivos, autoevaluación y evaluación de a pares, etc.), que se nutren de las interacciones de miles de estudiantes, permitiendo la autogestión del propio aprendizaje. En estos entornos, el aprendizaje se caracteriza por la interacción con microestructuras (microcontenidos, microformatos, microlecturas), dando lugar a otro fenómeno actual, el “microlearning” [4].

Carina Soledad González-González pertenece al Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad de La Laguna, Avda. Astrofísico Fco. Sánchez s/n, 38204, Tenerife (España). e-mail: cjgonza@ull.es.

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

Las nuevas plataformas virtuales, masivas y abiertas de enseñanza-aprendizaje (por ejemplo, Coursera, Udacity o Edx, o en España, las recientes Plataformas APRENDO o MIRIADA-X), están generando una cantidad de datos a través de los cuales se podrían descubrir patrones de interacción, estilos de aprendizaje y conocimiento en general sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje desarrollados en la plataforma, y requieren de mecanismos inteligentes, de adaptación y automatización de los procesos de enseñanza, aprendizaje, así como de su evaluación. En este sentido, la investigación sobre planificación inteligente y personalización en e-learning cobra especial relevancia.

III. SECCIÓN ESPECIAL

Esta sección especial de IEEE-RITA incluye la versión extendida y revisada de un trabajo seleccionado en las III Jornadas Internacionales de Campus Virtuales celebradas en Oviedo los días 25 y 26 de enero de 2012 [5]. Estas terceras Jornadas fueron la continuación de las primeras celebradas en Tenerife'09 y en Granada'10, cuyo objetivo fue el de reunir y consolidar la comunidad académica y profesional de los Campus Virtuales españoles e internacionales. Como hito importante en estas últimas Jornadas, se presentó la Red Universitaria de Campus Virtuales (RUCV), que tiene el objetivo de promover el desarrollo de la teleformación en las instituciones educativas [6].

IV. EL TRABAJO SELECCIONADO

El trabajo seleccionado presenta un tema de envergadura en el campo de la personalización, automatización y cambio de paradigma de enseñanza-aprendizaje en los entornos de e-learning, específicamente en los LMS (Learning Management Systems). Como los autores resaltan, la integración de técnicas inteligentes con LMSs para personalizar rutas de aprendizaje, es un tema que tiene aún mucho camino que recorrer en cuestión de investigación y desarrollo.

En el artículo se analizan diversas técnicas y estándares para la personalización de contenidos y la generación de rutas de aprendizaje individualizadas en el contexto de e-learning. Asimismo, se presenta una herramienta denominada *myPTutor*, que permite desde la extracción de conocimiento de e-learning hasta la planificación, monitorización y reparación/adaptación de las rutas de aprendizaje en caso de ser necesario. También, se presenta un procedimiento para la extracción del conocimiento a través de metadatos en e-learning y la generación de un modelo de planificación instruccional en PDDL (*Planning Domain Definition Language*) [7]. La generación del modelo PDDL estándar permite utilizar un amplio abanico de planificadores, independientemente de las técnicas de resolución que utilicen. También, se muestran las rutas de aprendizaje generadas y su integración en un LMS, tomando como caso específico la plataforma Moodle.

El sistema y su aplicación práctica han sido validados cualitativa y cuantitativamente con profesores y estudiantes universitarios respecto a la consistencia del contenido planificados según los objetivos del curso, la adaptación de dichos contenidos al perfil del estudiante, el tamaño, la complejidad del curso, la viabilidad de este enfoque en

opinión del encuestado, etc. Tanto estudiantes como profesores consideran este enfoque útil y altamente recomendable.

El trabajo seleccionado ha sido parcialmente financiado por el programa Consolider de *Agreement Technologies*, CSD2007-0022 INGENIO 2010, el proyecto del Ministerio Español de Ciencia e Innovación, MICINN TIN2011-27652-C03-01 y el proyecto Prometeo 2008/051 de la Generalitat Valenciana.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a Martín Llamas Nistal, Editor Jefe de la revista IEEE-RITA, por la oportunidad de difundir en IEEE-RITA los trabajos en el campo de la tecnología aplicada a la Educación, y en particular, los temas relacionados a los ecosistemas tecnológicos de los Campus Virtuales. Asimismo, agradecerle su constante apoyo en todas las iniciativas que tienden a impulsar la introducción de la tecnología en los entornos de enseñanza-aprendizaje de la Educación Superior, en especial los esfuerzos en la consolidación de la Red Universitaria de Campus Virtuales. Igualmente, quiero agradecer muy especialmente a los colegas de la Red Universitaria de Campus Virtuales, al Centro de Innovación de la Universidad de Oviedo y a los revisores que han llevado a cabo las revisiones necesarias para la realización de este número especial.

REFERENCIAS

- [1] Zhang Guoli. (2010). Cloud Computing Platform Architecture in the E-Learning Area. IEEE 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE), pp. 356-359
- [2] Leutner, D.; Hartig, J.; Jude, N. (2008). Measuring Competencies: Introduction to Concepts and Questions of Assessment in Education. In: Hartig, J.; Klieme, E.; Leutner, D. (Eds.). Assessment of Competencies in Educational Contexts. Göttingen, 177-192.
- [3] Inge deWaard, Sean Abajian, Michael Sean Gallagher, Rebecca Hogue, Nilgün Keskin, Apostolos Koutropoulos, and Osvaldo C. Rodríguez (2011). Using mLearning and MOOCs to understand chaos, emergence, and complexity in education. Journal IRRODL "The International Review of Research in Open and Distance Learning". Vol 12. Nº7.
- [4] José Martín Molina y David Romero (2010). Ambiente de Aprendizaje Móvil Basado en Micro-Aprendizaje. IEEE RITA. Volumen 5, Número 4 Pags.159-166
- [5] Carina Soledad González-González. Presentación de las III Jornadas Internacionales de Campus Virtuales. Actas. ISBN: 978-84-8317-902-4. Depósito legal: AS/391-2012. Pp9-11. Oviedo. 2012
- [6] Carina Soledad Gonzalez-González y Alfonso Infante-Moro. Red Universitaria de Campus Virtuales: objetivos y líneas de acción. Actas. III Jornadas Internacionales de Campus Virtuales. ISBN: 978-84-8317-902-4. Depósito legal: AS/391-2012. Pp32-35. Oviedo. 2012
- [7] Long, D., Fox, M. (2003). PDDL 2.1: An Extension to PDDL for Expressing Temporal Planning Domains. In: Journal of Artificial Intelligence Research, 20:61-24.



Carina Soledad González-González es Doctora en Informática por la Universidad de La Laguna. Es profesora de la Escuela Superior de Ingeniería Informática y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Laguna (ULL).

Ha sido Directora de Innovación Educativa y TIC aplicadas a la Enseñanza de la ULL, miembro fundador y coordinadora de la Unidad para la Docencia Virtual (UDV) de la ULL (2005-2011). Ha sido responsable de la implantación del Open Course Ware (OCW@ULL), el desarrollo e implantación del sistema de producción, distribución y publicación audiovisual ULLMedia, ULLBlogs, e-portafolio, entre otros sistemas de apoyo a la innovación educativa.

E-learning y Planificación Inteligente: Mejorando la Personalización de Contenidos

Antonio Garrido y Lluvia Morales

Title—E-learning and intelligent planning: improving content personalisation.

Abstract—Combining learning objects is a challenging topic because of its direct application to curriculum generation, tailored to the students' profiles and preferences. Intelligent planning allows us to adapt learning routes (i.e. sequences of learning objects), thus highly improving the personalization of contents, the pedagogical requirements and specific necessities of each student.

This paper presents a general and effective approach integrated in Moodle to extract metadata information from the e-learning contents, a form of reusable learning objects, to generate a planning domain in a simple, automated way. Such a domain is used by an intelligent planner that provides an integrated recommendation system, which adapts, stores and reuses the best learning routes according to the students' profiles and course objectives. If any inconsistency happens during the route execution, e.g. the student fails to pass an assessment test which prevents him/her from continuing the natural course of the route, the system adapts and/or repairs it to meet the new objectives.

Index Terms—Educational technology, Electronic learning, Computer aided instruction, Courseware

I. INTRODUCCIÓN

EL sistema universitario europeo actual se encuentra en una profunda transformación. Durante los últimos años, la integración de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), con su aplicación directa a las tecnologías del aprendizaje y del e-learning, está presente en las universidades de todo el mundo, incluidas las españolas. La mayoría de universidades ofrece un servicio de campus virtual con plataformas de e-learning y sistemas de gestión del aprendizaje (del inglés LMS, *Learning Management System*), diseñados para dar soporte y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en todos sus aspectos: visualización y navegación de contenidos (formados a partir de objetos de aprendizaje reutilizables), estudiantes y profesores.

Los LMSs se usan ampliamente como apoyo a la enseñanza, bien sea presencial, a distancia, o mediante un modelo mixto, y proporcionan herramientas interactivas para almacenar y ofrecer un acceso casi ilimitado y ubicuo a todo tipo de contenidos. Dichos contenidos suelen estar implementados utilizando estándares XML tales como

SCORM, IMS o IEEE LOM [1]-[3], con el objetivo de facilitar e incrementar su interoperación. Pero los LMSs no deben convertirse en meros repositorios de rígidos contenidos que apenas fomentan la interoperabilidad entre sus elementos. Tampoco deben ofrecer los mismos contenidos, y de la misma forma, a todos los estudiantes, sin tener en cuenta sus conocimientos, preferencias y objetivos personales [4] —esto contradice claramente el modelo basado en las necesidades individuales promulgado, entre otros, por el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES, <http://www.eees.es>). Por lo tanto, es esencial construir herramientas inteligentes de recomendación, planificación y secuenciación que ofrezcan los contenidos que mejor se adaptan a cada estudiante [5], [6]. Esto plantea un desafío importante; ya no basta con describir los contenidos sino que hay que especificar, por ejemplo, qué contenidos son pedagógicamente más adecuados para cada estilo de aprendizaje (adaptación al perfil), cómo se relacionan estos contenidos entre sí, qué tienen que hacer los alumnos y en qué orden y, finalmente, cómo monitorizar y adaptar la ruta de aprendizaje ante contingencias inesperadas (por ejemplo, una tarea de evaluación no superada o una actividad que excede del plazo previsto) [5], [7].

Desde el punto de vista educativo también se imponen nuevos desafíos: i) se requiere una nueva visión del paradigma educativo, donde el profesor ya no tiene el rol principal ni marca el ritmo del proceso de aprendizaje; ii) hay que extender el proceso de generación de contenidos, apoyándose en expertos pedagogos y diseñadores, de manera que éste se centre más en la adaptación al perfil del estudiante, pues no todos los estudiantes son iguales ni aprenden de la misma forma; y iii) hay que replantear el método didáctico, pensando en la diversidad de estudiantes y sus necesidades/perfiles individuales.

A grosso modo, la planificación inteligente puede mejorar notablemente la personalización de rutas de aprendizaje de una forma prácticamente transparente al usuario. Este hecho representa la principal contribución del presente trabajo, dentro de un sistema mayor denominado *myPTutor* (<http://servergrps.dsic.upv.es/myptutor>). La idea subyacente es la de construir una ruta fuertemente conexa y estructurada que satisfaga el perfil del estudiante. Así, aunque la estructura del curso pueda estar predefinida, la elección y el orden de contenidos pueden variar en función del perfil del estudiante. Por ejemplo, un objeto de aprendizaje de tipo “diagrama” puede ser muy recomendable para un estudiante con perfil “visual” pero no para uno “verbal”, y justo lo contrario ocurre para un contenido de tipo “textual” [8]. Por lo tanto, la misma ruta no será igual de válida para uno u otro estudiante.

Una vez definida la ruta, ésta tiene que ejecutarse y

A. Garrido pertenece a la Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia (España). e-mail: agarridot@dsic.upv.es.

L. Morales pertenece a la Universidad Tecnológica de la Mixteca, Carretera a Acatlana Km. 2.5, 69000, Huajuapán de León, Oax (México). e-mail: lluviamorales@mixteco.utm.mx.

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

monitorizarse. Y no basta con ofrecer vistas de navegación y gráficas de resultados, por muy atractivas que éstas resulten, sino que hay que controlar y reaccionar ante cualquier contingencia. La planificación inteligente también resulta muy adecuada durante este proceso, adaptando la ruta a la nueva situación, haciéndola válida de nuevo, y minimizando los cambios para evitar inconvenientes al estudiante y profesor.

A lo largo de este artículo se abordarán los trabajos más recientes que sirven de base a nuestra propuesta, así como la justificación de uso de la planificación inteligente para la personalización de contenidos. Posteriormente describiremos la estructura general de *myPTutor* y su caso de aplicación en un LMS concreto (*Moodle*). A continuación se presentarán los resultados de una evaluación cualitativa y cuantitativa. Seguidamente se proporcionarán algunas ideas básicas sobre las lecciones aprendidas y las principales limitaciones que hemos encontrado para, finalmente, concluir el trabajo.

II. TRABAJO RELACIONADO Y MOTIVACIÓN

A. Trabajo Relacionado

En la literatura reciente se han utilizado diversas técnicas para la personalización de contenidos y la generación de rutas de aprendizaje individualizadas en el contexto de e-learning. Entre otras muchas, se han aplicado matrices de adyacencia, modelos de programación entera y de satisfacción de restricciones, redes neuronales y métodos de *soft computing* [4],[9]-[11]. En esencia, estas técnicas simulan el proceso de toma de decisiones del profesor. Consecuentemente, el flujo de objetos de aprendizaje está predefinido y resulta demasiado orientado hacia el profesor.

Por otro lado, gran parte de las propuestas anteriores no toman en cuenta el uso de estándares durante el proceso de personalización: i) extracción de información, ii) generación de la ruta de aprendizaje, iii) despliegue y ejecución de la ruta, así como iv) monitorización de la correcta ejecución de la misma.

Diversos autores han propuesto métodos que facilitan la representación y extracción de la información del curso por parte del profesor, utilizando como base el estándar IEEE-LOM. Algunos ejemplos de estos métodos son el uso de ontologías [12] y también de flujos de trabajo (*workflows*) [13], [14] que no sólo permiten plasmar las relaciones entre objetos de aprendizaje, sino también la participación de los diversos roles (profesor/estudiante/grupo de estudiantes) en cada una de las actividades del curso.

En línea con los estándares actuales también se cuenta con trabajos como [15], que permiten la adaptación de la ruta utilizando IMS-MD y el despliegue de la misma a través del estándar IMS-CP. Sin embargo, el estándar por sí mismo es estático y, si se requiere cambiar la secuencia en tiempo de ejecución, se recurre a una replanificación completa de la ruta contenida en este paquete estándar [16], o de una planificación continua [15]. Esta última técnica es muy útil si se acepta la premisa de que el estudiante no podrá tener acceso a su ruta completa desde el inicio, si no a medida que la vaya cursando.

En lo que respecta a la fase de monitorización, no conocemos trabajos recientes que hagan referencia a la

combinación de técnicas automáticas de adaptación y uso de estándares. Generalmente, este proceso es complejo y consume tantos recursos que sólo se usan en sistemas dedicados o Sistemas Tutores Inteligentes que revisan cuál es el siguiente objeto a ejecutar una vez analizado el resultado de su objeto predecesor [17]. Esto no resulta viable en aquellos casos en los que el estudiante desea conocer la ruta de aprendizaje completa a priori.

B. Motivación. ¿Qué es la Planificación Inteligente y por qué usarla en E-learning?

La mayor parte de nuestras actividades diarias conlleva algún tipo de planificación inteligente para determinar una serie de actividades que, cuando se ejecutan, permiten alcanzar un conjunto de objetivos educativos. Y precisamente en esto consiste la planificación: dado un dominio de tareas posibles, seleccionar un subconjunto de las mismas (i.e. plan, donde las tareas se ordenan de acuerdo a sus relaciones causa-efecto) que tras su ejecución nos permita pasar de un estado inicial a un estado objetivo [18]. Por tanto, la planificación inteligente ofrece posibilidades muy interesantes en su aplicación al campo de e-learning y a la determinación de rutas de aprendizaje.

La principal ventaja de utilizar técnicas de planificación es que reducen el hueco entre las necesidades de e-learning y la adaptación de los contenidos a los estudiantes. Concretamente, la planificación va más allá de los propios entresijos de e-learning y da soporte a una mejor personalización de contenidos, manejando restricciones temporales, de recursos, e incluso funciones de optimización multi-objetivo.

Metafóricamente hablando, la generación de una ruta de aprendizaje se parece mucho a un proceso de planificación. Tal y como se observa en la Tabla I, los elementos principales de e-learning son: i) el background y las preferencias del estudiante, ii) los objetivos de aprendizaje a conseguir, iii) los objetos de aprendizaje adaptados al perfil del estudiante, iv) las relaciones de orden, y v) la ruta de aprendizaje particularizada para el estudiante. Mediante un proceso de extracción del conocimiento, que se presentará posteriormente, estos elementos se pueden hacer corresponder, respectivamente, con los siguientes elementos de planificación: i) el estado inicial, ii) los objetivos del problema, iii) las acciones, iv) los enlaces causales, y v) el plan solución. La optimización multi-objetivo que ofrece la planificación también es muy interesante, pues los

TABLA I
E-LEARNING VS. PLANIFICACIÓN INTELIGENTE

E-learning	Planificación
Background y preferencias del estudiante	Estado inicial del problema
Objetivos de aprendizaje	Objetivos del problema (<i>top level goals</i>)
Objetos de aprendizaje adaptados al perfil, con sus pre-requisitos y resultados	Acciones con precondiciones y efectos
Relaciones de orden	Relaciones por enlaces causales (causa-efecto)
Ruta de aprendizaje personalizada	Plan solución

Correspondencia entre los elementos típicos de e-learning y de planificación.

estudiantes y profesores suelen preferir una ruta de aprendizaje de calidad, en términos de tiempo, uso de recursos y/o coste, y no simplemente una ruta cualquiera.

Diversos autores han utilizado la planificación para generar rutas de aprendizaje basadas en las preferencias de los estudiantes [15], [19]-[21], pero cuentan con algunas limitaciones: i) no hacen uso extensivo de los estándares de e-learning, ii) no se visualizan ni integran en los LMSs más comunes, y iii) están limitados a una ontología específica y/o paradigma de planificación. Por el contrario, en nuestro trabajo podemos utilizar cualquier planificador estándar para encontrar la mejor ruta de aprendizaje, con la idea de ofrecer el contenido adecuado al estudiante adecuado. Por otro lado, también soportamos los metadatos estándar de e-learning, basados en LOM e IMS [1], [3], que se extraen automáticamente y se compilan como un modelo de planificación estándar en PDDL (*Planning Domain Definition Language*, [18]). Adicionalmente, los profesores pueden definir tanto objetivos obligatorios como opcionales.

III. NUESTRO ENFOQUE MYPTUTOR. TÉCNICAS EMPLEADAS

Nuestro trabajo, denominado *myPTutor* (ver Fig. 1), consiste en un sistema completo que va desde la extracción de conocimiento de e-learning hasta la planificación, monitorización y reparación/adaptación, en caso de ser necesario.

Los estándares de e-learning etiquetan los contenidos mediante metadatos, inspirados típicamente en el modelo IEEE LOM. El **primer paso** consiste, por tanto, en procesar esta información mediante técnicas automáticas de ingeniería de conocimiento para extraer sus características esenciales. Tras la compilación y generación automática del modelo de planificación, el **segundo paso** es utilizar un planificador para conseguir un plan o ruta de aprendizaje. El **tercer paso** consiste en la ejecución de la ruta de aprendizaje en un LMS con soporte a la monitorización (dado por metadatos adicionales sobre relaciones causa-efecto proporcionados en el plan). Tras la ejecución de un objeto de evaluación (test, cuestionario, etc.) se realiza una comprobación del estado real obtenido y el esperado. En caso de discrepancias se utiliza una técnica de validación de planes para comprobar si la ruta sigue siendo ejecutable [22]. Si no lo es, el **cuarto paso** implica una reparación o adaptación del plan. A continuación profundizamos en estos cuatro pasos.

A. Metadatos en E-learning. Extracción de Conocimiento y Generación del Modelo de Planificación en PDDL

Los objetos de aprendizaje disponen de multitud de metadatos que los etiquetan y caracterizan. Aunque existen muchos elementos (descriptores e identificadores generales, anotaciones, taxonomías, restricciones de copyright, etc.) sólo unos pocos son esenciales para la generación de un modelo de planificación (ver Fig. 2), que en PDDL consiste en la definición de un archivo de texto para el dominio y uno para el problema de planificación.

La descripción detallada de la correspondencia entre las etiquetas XML del modelo LOM y el dominio+problema en PDDL excede del ámbito de este artículo, pero remitimos al lector interesado a [23]. De forma resumida, el proceso de extracción de conocimiento y generación del modelo PDDL

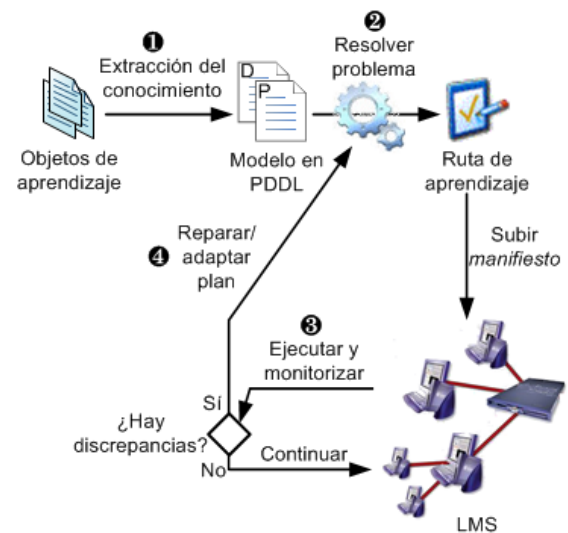


Fig. 1. Esquema general de *myPTutor* en cuatro pasos.

consiste en una compilación polinómica muy eficiente que recupera para cada objeto de aprendizaje: i) su nombre (*Identifier+Title* en la Fig. 2); ii) su duración media, como una medida de su complejidad (*TypicalLearningTime* en la Fig. 2); iii) sus prerequisites, basados en las relaciones de dependencia y adaptación al perfil, y recursos utilizados (*Relations* y *OtherPlatformRequirements*, respectivamente, en la Fig. 2); y iv) sus efectos, en términos de resultados de aprendizaje (como una medida del *Coverage* de la Fig. 2).

Adicionalmente también se extrae la información relevante del estudiante a partir de un *e-portfolio* personalizado basado en el estándar IMS-LIP [3], lo que facilita todavía más la adaptación al perfil. De esta forma se obtiene el estilo de aprendizaje del estudiante, sus preferencias y objetivos de aprendizaje incluyendo, opcionalmente, su interés en obtener la ruta más corta o de menor coste, que proporciona una idea de la métrica a optimizar que se utilizará en la planificación. Adicionalmente, *myPTutor* permite añadir información sobre el perfil del estudiante que no se encuentre en este estándar y que el profesor considere importante para la personalización de contenidos.

B. Resolución del Problema de Planificación

La generación de un modelo PDDL estándar permite utilizar un amplio abanico de planificadores, independiente de las técnicas de resolución que utilicen. En <http://ipc.icaps-conference.org> se puede consultar un listado

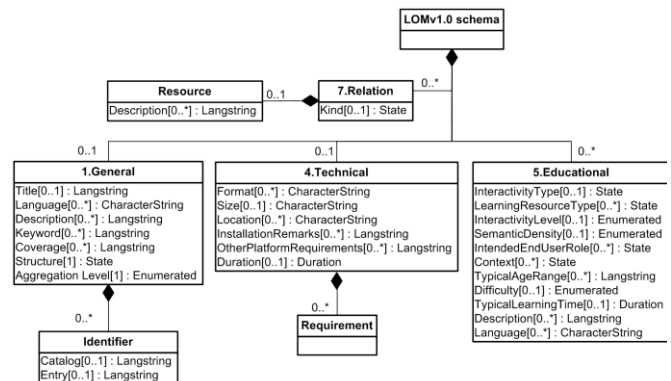


Fig. 2. Elementos esenciales del esquema LOM para la extracción de un modelo de planificación. Vista resumida de http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_object_metadata. Imagen bajo los términos de licencia GNU.

de planificadores que soportan PDDL, con sus características adicionales asociadas, que han participado en las competencias internacionales de planificación.

La tarea del planificador es la de decidir los mejores contenidos, en forma de objetos de aprendizaje, para que cada estudiante alcance sus objetivos mediante los objetos más adecuados para su perfil. Por lo tanto, el resultado del planificador es una ruta indicando qué, cuándo y con qué recursos se cursarán dichos objetos de aprendizaje.

C. Monitorización y Búsqueda de Discrepancias

Una vez se dispone de una ruta de aprendizaje para un estudiante, ésta se debe cargar en un LMS con soporte a la monitorización, tal y como se observa en el esquema de la Fig. 1. El LMS es, por tanto, útil no sólo para la visualización y navegación de los contenidos, sino también para monitorizar el progreso de los estudiantes en su ruta de aprendizaje, detectando discrepancias significativas entre el estado actual (real) y el esperado. Es decir, siempre tras la ejecución de un objeto de evaluación (test, cuestionario, realización de un ejercicio, etc.) se realiza una comprobación para ver si el estudiante ha alcanzado el estado marcado en la ruta. En nuestro sistema la monitorización sólo se realiza tras un acto de evaluación: no realizamos una monitorización continua debido a su elevada complejidad. Hay que recordar que nos encontramos en un escenario de e-learning donde los estudiantes se conectan/desconectan frecuentemente y cada uno trabaja a su propio ritmo por lo que una evaluación continua, basada en los tiempos de conexión, puede resultar inapropiada.

Las discrepancias pueden aparecer por varios motivos: i) cambios en el background o perfil del estudiante, que hacen que los objetos de aprendizaje elegidos en el plan ya no sean los adecuados; ii) por la violación de algún plazo, como por ejemplo no terminar a tiempo algún acto de evaluación; iii) por la no disponibilidad de algún recurso requerido por un objeto de aprendizaje; o iv) porque el estudiante no supera algún tipo de evaluación que le impide seguir el flujo normal del curso. En caso de detectarse una discrepancia que impide la consecución de los objetivos de aprendizaje del curso es necesario replanificar para adaptar la ruta de aprendizaje al nuevo estado actual.

D. Replanificación y/o Adaptación de la Ruta de Aprendizaje

En caso de discrepancias se utiliza una técnica de validación de planes que, comenzando desde el nuevo estado, simula la ejecución del plan restante y analiza si todavía es ejecutable. Si no lo es, el profesor puede repararlo manualmente o solicitar la adaptación automática. Dicha adaptación se puede realizar mediante distintas técnicas. En nuestro sistema aplicamos una técnica de planificación basada en casos (CBP, *Case-Based Planning*) [5], [22]. Esta técnica reutiliza planes, previamente aprendidos y almacenados en una biblioteca de planes, para obtener nuevas soluciones más eficientemente. Esto resulta muy interesante en el contexto de e-learning por dos motivos. En primer lugar, se puede aprender de planes pasados y adaptarlos a las condiciones de los estudiantes actuales. Al fin y al cabo, es razonable pensar que estudiantes similares cometan errores similares y la forma de resolver dichos errores también sea parecida. En segundo lugar, en término

medio suele ser más eficiente adaptar un plan existente a las condiciones actuales (reutilizando el plan original tanto como sea posible), que generar un nuevo plan desde cero. Esto lleva asociado una ventaja adicional: los estudiantes y profesores se benefician de una *inercia* en las rutas de aprendizaje, al no estar cambiando de ruta constantemente ante cualquier discrepancia, lo que a su vez fomenta una mejor continuidad en el proceso de aprendizaje.

Una vez adaptado el plan a la nueva situación, éste se valida por el profesor antes de su ejecución. Si el profesor da su aprobación, dicho plan se almacena en la biblioteca de planes como un nuevo caso base para poder ser utilizado en el futuro por el planificador basado en casos. Tras esto se vuelve al ciclo presentado en la Fig. 1.

E. Integración en un LMS. Moodle como Caso Práctico

Los cuatro pasos presentados anteriormente se pueden implementar en un sistema inteligente que permita: i) recabar de una manera relativamente fácil información sobre los estudiantes y objetos de aprendizaje, y ii) tener control total sobre la ejecución de la secuencia de aprendizaje recomendada inicialmente por la herramienta de planificación.

Nuestro enfoque es suficientemente flexible para ser compatible con cualquier LMS. Como prueba de concepto, hemos utilizado *Moodle* (*Module Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, <http://moodle.org>), un LMS implementado en PHP como una aplicación Web open-source. *Moodle* implementa módulos para comunidades colaborativas de e-learning y simplifica la gestión de contenido, mediante la importación de paquetes en el estándar SCORM y actividades variadas que pueden integrarse en el mismo, además de evaluación mediante cuestionarios.

Nuestro sistema está implementado sobre el código original de *Moodle*. Aunque no explicaremos aquí todos los detalles técnicos, ha sido necesaria la implementación de un nuevo módulo para soportar el modelo de iniciativa mixta entre usuarios (estudiantes y profesores) y servicios de planificación. Los cambios más significativos son:

- En la base de datos, definiendo nuevas tablas para soportar las relaciones entre las precondiciones y los objetos de aprendizaje, así como los objetivos de aprendizaje de cada estudiante.
- En la capa lógica, para ofrecer una interfaz de comunicación entre *Moodle* y el módulo de planificación (implementado como un servicio Web). También ha sido necesario implementar código de soporte para la monitorización de los contenidos SCORM.
- En la interfaz gráfica de usuario (IGU), ofreciendo formularios para el profesorado y los estudiantes, tal y como se observa en la y Fig. 4, respectivamente.

El funcionamiento global es relativamente sencillo. El profesor define los contenidos (objetos de aprendizaje almacenados dentro de un paquete SCORM) del curso, indicando qué objetivos son obligatorios y cuáles opcionales, y las precondiciones iniciales que deben satisfacerse en el curso (). Por otro lado, el estudiante define

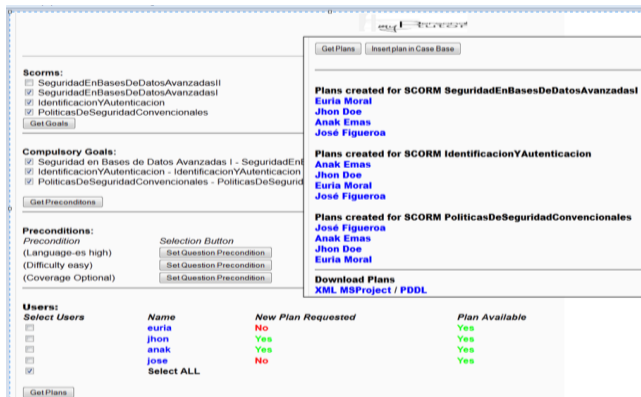


Fig. 3. Interfaz para el profesor: definición de opciones curriculares para la personalización y generación de los planes adaptados a los estudiantes.

su background y decide qué objetivos adicionales desea, incrementando así la posibilidad de personalización de contenidos (Fig. 4). Si posteriormente, durante la ejecución del plan, aparece alguna discrepancia se muestra el contenido que sigue siendo válido y el que ha dejado de ser viable hasta su futura adaptación (indicado en la Fig. 4). Finalmente, es interesante destacar que aunque en la adaptación, ejecución y monitorización de las rutas de aprendizaje se han utilizado interfaces implementadas dentro de la plataforma de Moodle, su implementación en PHP puede reutilizarse en otros LMSs similares.

IV. EVALUACIÓN

Una profunda evaluación de nuestro enfoque es difícil ya que requiere la colaboración de muchos profesores, alumnos y la disponibilidad de cursos de distintas temáticas. Desde un punto de vista formal, se puede realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa. Aunque estas evaluaciones forman todavía parte de nuestro trabajo en curso, podemos presentar ciertos resultados, incluidos con más detalle en [5] y [24].

Desde el punto de vista cualitativo, hemos aplicado hasta el momento diversos cuestionarios a grupos reducidos de al menos 5 profesores que han impartido los cursos de Programación Orientada a Objetos y/o Inteligencia Artificial. También se han aplicado cuestionarios a estudiantes del área de Informática que han recibido o se encuentran recibiendo dichos cursos, de manera que sea posible analizar la calidad de las rutas de aprendizaje y su adaptación al perfil. Algunas de las preguntas incluidas en los mismos son:

- ¿El número de objetos de aprendizaje es apropiado para el curso?
- ¿La duración de la secuencia de objetos es apropiada?
- ¿La adaptación de los contenidos a los estudiantes, según su estilo de aprendizaje y perfil es apropiada?

Con estos cuestionarios se trata de evaluar, entre otros aspectos: i) la consistencia del contenido planificado con respecto a los objetivos del curso, ii) la adaptación de dichos contenidos al perfil del estudiante, iii) el tamaño, e indirectamente, la complejidad del curso, iv) la viabilidad de este enfoque en opinión del encuestado, etc. En general, los profesores consideran que la adaptación automática al perfil se realiza de forma correcta, aunque en algunos casos no son capaces de razonar el porqué; se trata de algo que saben por experiencia pero que resulta difícil de explicar. Los

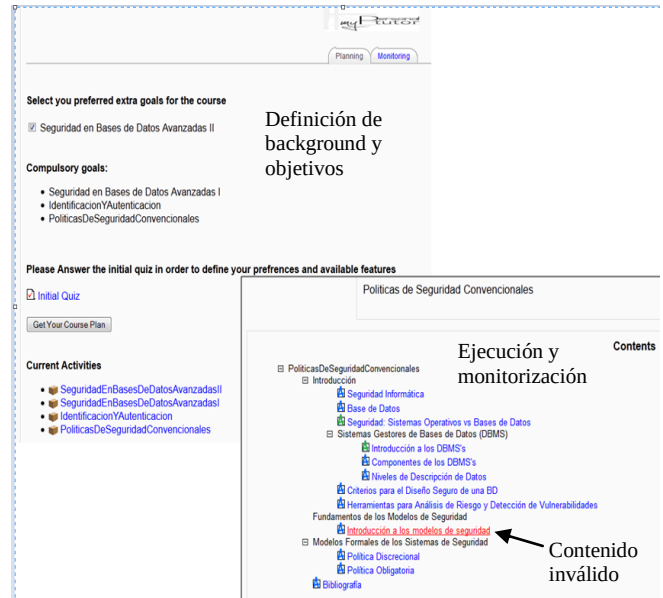


Fig. 4. Interfaz para el estudiante: personalización y visualización de su plan.

profesores también coinciden en que un conocimiento mínimo a priori sobre planificación no es necesario pero sí recomendable. En el caso de los estudiantes, las rutas de aprendizaje personalizadas se valoran muy positivamente (frente a la típica secuencia de objetos de aprendizaje que es igual para todos los estudiantes). La evidencia demuestra, por tanto, que la personalización es una característica muy apreciable. Y tanto estudiantes como profesores consideran este enfoque útil y altamente recomendable.

Desde el punto de vista cuantitativo, hemos podido realizar experimentos para evaluar: i) la escalabilidad del enfoque, y ii) la bondad de las técnicas de reparación/adaptación basadas en casos (CBP). Concretamente, hemos creado cientos de problemas sintéticos con hasta 100 estudiantes que simulan la aparición de discrepancias durante la ejecución de las rutas de aprendizaje. El resultado, mucho más detallado en [24], ha sido que la reparación es al menos tan rápida como volver a resolver un nuevo problema, y la solución que se proporciona es de mejor calidad. Es decir, la nueva ruta se mantiene fiel a la original tanto como es posible, en lugar de devolver una nueva y totalmente distinta de la original; esto último no gusta ni a profesores ni a estudiantes por la pérdida de *inercia* que ello conlleva.

V. LECCIONES APRENDIDAS Y LIMITACIONES DETECTADAS

Google proporciona millones de resultados en respuesta a la búsqueda sobre “objeto de aprendizaje” o “learning object” que, junto a los repositorios existentes (ej. <http://www.merlot.org>, <http://www.ariadne-eu.org> o <http://www.ocwconsortium.org>), nos permite disponer de terabytes de información en forma de recursos digitales reutilizables. Sin embargo, intentar manejar estos objetos de forma aislada resulta de poca utilidad, ya que su verdadera utilidad es en combinación con otros objetos para formar contenidos más complejos. Y precisamente ésta es una de las principales limitaciones que hemos encontrado en nuestro trabajo: existe una carencia importante de repositorios que no sólo den acceso a objetos aislados de

calidad (en muchas ocasiones los metadatos están vacíos), sino también la información sobre sus relaciones, dependencias y métodos de evaluación del aprendizaje de sus contenidos. Una falta de etiquetado simplifica la construcción del objeto de aprendizaje, pero luego dificulta enormemente su relación con otros objetos.

Por otro lado, los estándares actuales de etiquetado de objetos de aprendizaje no proporcionan toda la información de la que pudieran beneficiarse las técnicas de planificación inteligente [5], [24] como por ejemplo recursos complejos y las restricciones temporales que puedan tener asociados. Claramente, los metadatos existentes ofrecen suficiente información desde un punto de vista pedagógico, pero no disponen de suficiente información sobre restricciones de tiempo y recursos que puedan resultar útiles en actividades grupales que requieran algún tipo de sincronización. Esto es fundamental para soportar actividades colaborativas, compartición de recursos y manejo de restricciones particulares, independientemente del LMS adoptado. A pesar de ello, los metadatos actuales son suficientes para permitir un proceso de personalización de contenidos de aprendizaje razonablemente potente.

Finalmente, conviene destacar que, inicialmente, el modelo docente descrito en este artículo es más exigente que el tradicional en lo que respecta a la dedicación docente del profesorado. El modelo aquí presentado requiere de un cambio sustancial en el paradigma de generación de contenidos digitales, además de un gran esfuerzo de diseño y desarrollo que los profesores son, muchas veces, reacios a adoptar. Sin embargo, a medida que se va avanzando en el curso, esta carga extra se va reduciendo notablemente, además de que el profesor se va familiarizando con el proceso de generación de objetos de aprendizaje. También es importante señalar que con este modelo no se reduce el control del profesor sobre los contenidos del curso y la evolución de sus estudiantes. Por el contrario, se trata de potenciar y facilitar el seguimiento por medio de un sistema de recomendación que permite tomar en cuenta las necesidades personales, tanto del profesor como del estudiante.

VI. CONCLUSIONES

La tendencia actual en la educación a distancia gira en torno al despliegue de contenidos en entornos de aprendizaje basados en LMSs y al empaquetado de dichos contenidos como objetos de aprendizaje organizados en base a estándares SCORM. El objetivo es que estos contenidos puedan venderse, intercambiarse entre plataformas y/o universidades, o simplemente ser accedidos por los estudiantes de manera remota. Y todo ello en distintos entornos de aprendizaje basados en LMSs. Siguiendo esta filosofía, en este artículo hemos presentado un sistema genérico implementado sobre *Moodle* que facilita la utilización de interfaces genéricas de configuración, integración y administración del sistema de adaptación basado en planificación inteligente.

Las herramientas de planificación no sólo permiten personalizar las rutas de aprendizaje, sino también ejecutar y monitorizar su progreso de manera que sea posible adaptarlas en caso de que ese progreso no sea el esperado. El uso de la planificación es altamente apreciado por

estudiantes, pero menos popular entre profesores que, de alguna forma, son reacios a abandonar su rol tradicional de *planificadores humanos*. En cualquier caso, tanto estudiantes como profesores comparten la opinión de que la aplicación de técnicas de planificación resulta muy útil para ofrecer el mejor contenido a la mejor persona en el momento justo. Así pues, la integración de técnicas inteligentes con LMSs por medio de enfoques similares al nuestro, con el fin de personalizar rutas de aprendizaje, es un tema que tiene aún mucho camino que recorrer en cuestión de investigación y desarrollo.

ACKNOWLEDGMENT

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el programa Consolider de Agreement Technologies, CSD2007-0022 INGENIO 2010, el proyecto del Ministerio Español de Ciencia e Innovación, MICINN TIN2011-27652-C03-01 y el proyecto Prometeo 2008/051 de la Generalitat Valenciana.

REFERENCES

- [1] LOM, "Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE. Rev. 16 February 2005", in http://ltsc.ieee.org/wg12/files/IEEE_1484_12_03_d8_submitted.pdf.
- [2] SCORM, "Sharable Content Object Reference Model", in <http://www.adlnet.gov/capabilities/scorm>.
- [3] IMS-GLC, "IMS Specifications", in <http://www.imsglobal.org>, Open University of the Netherlands.
- [4] P. Brusilovsky, and J. Vassileva, "Course Sequencing Techniques for Large-Scale Web-Based Education", in *Int. Journal Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, 13(1/2), 2003, pp.75-94.
- [5] L. Morales, A. Garrido, and I. Serina, I., "Planning and Execution in a Personalised E-learning Setting", in *Proc. Conferencia Española para la Inteligencia Artificial*, LNAI 7023, Springer-Verlag, 2011, pp. 232-242.
- [6] A. Ruiz-Iniesta, G. Jimenez-Diaz, and M. Gomez-Albarrañ, "Personalización en Recomendadores Basados en Contenido y su Aplicación a Repositorios de Objetos de Aprendizaje", in *IEEE-RITA*, 5(1), 2010, pp. 31-38.
- [7] R. Perez-Rodriguez, M.C. Rodríguez, L.E. Anido-Rifón, and M. Llamas-Nistal, "Execution Model and Authoring Middleware Enabling Dynamic Adaptation in Educational Scenarios Scripted with PoEML", in *Journal of Universal Computing Science*, 16(19), 2010, pp. 2821-2840.
- [8] R.M Felder, and L.K. Silverman, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education", in *Engr. Education*, 78(7), 1988, pp. 674-681.
- [9] A. Garrido, E. Onaindia, and O. Sapena, O., "Planning and Scheduling in an E-learning Environment. A Constraint-Programming-based Approach", in *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(5), 2008, pp. 733-743.
- [10] N. Idris, N. Yusof, and P. Saad, "Adaptive course sequencing for personalization of learning path using neural network", in *Int. J. Advanced Soft. Comput. Appl.*, 1(1), 2009, pp. 49-61.
- [11] F.E. Martinez, G. Magoulas, S. Chen, and R. Macredie, "Recent Soft Computing Approaches to User Modeling in Adaptive Hypermedia", in *Proceedings of Adaptive Hypermedia, LNCS 3137*, 2004, pp. 104-114.
- [12] Yu-Liang Chi, "Ontology-based curriculum content sequencing system with semantic rules", in *Expert Systems with Applications*, 36(4), 2009, pp. 7838-7847.
- [13] A. González-Ferrer, L. Castillo, J. Fdez-Olivares, and L. Morales, "Workflow Planning for E-learning Center Management", in *IEEE Int. Conference on Advanced Learning Technologies*, 2008, pp. 985-986.
- [14] M. Cesarini, M. Monga, and R. Tedesco, "Carrying on the e-learning process with a workflow management engine", in *Proceedings of the ACM symposium on Applied computing*, 2004, pp. 940-945.
- [15] C. Ullrich, and E. Melis, "Pedagogically Founded Courseware Generation Based on HTN-Planning", in *Expert Systems with Applications*, 36(5), 2009, pp. 9319-9332.

- [16] M.d.P.P. Ruiz, M.J.F. Díaz, F.O. Soler, and J.R.P Pérez, "Adaptation in Current e-learning Systems", in *Computer Standards & Interfaces*, 30(1-2), 2008, pp. 62-70.
- [17] J. Vassileva, "Dynamic Course Generation", in *Journal of Computing and Information Technology*, 5, 1997, pp. 87-102.
- [18] M. Ghallab, D. Nau, and P. Traverso, "Automated Planning. Theory and Practice", *Ed. Morgan Kaufmann*, 2004.
- [19] L. Castillo, L. Morales, A. Gonzalez-Ferrer, J. Fdez-Olivares, D. Borrajo, and E. Onaindia, "Automatic Generation of Temporal Planning Domains for E-learning", in *Journal of Scheduling*, 13(4), 2010, pp. 347-362.
- [20] E. Kontopoulos, D. Vrakas, F. Kokkoras, N. Bassiliades, and I. Vlahavas, "An Ontology-based Planning System for E-course Generation", in *Expert Systems with Applications*, 35(1-2), 2008, pp. 398-406.
- [21] C. Limongelli, F. Sciarrone, M. Temperini, and G. Vaste, G., "Adaptive Learning with the LS-PLAN System: a Field Evaluation", in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2(3), 2009, pp. 203-215.
- [22] I. Serina, "Kernel Functions for Case-Based Planning", in *Artificial Intelligence*, 174, 2010, pp. 1369-1406.
- [23] A. Garrido, E. Onaindia, L. Morales, L. Castillo, S. Fernandez, and D. Borrajo, "Modeling E-Learning Activities in Automated Planning", in *Proceedings of the 3rd Int. Competition on Knowledge Engineering for Planning and Scheduling*, 2009, pp. 18-27.
- [24] A. Garrido, L. Morales, and I. Serina, "Using AI Planning to Enhance E-learning Processes", in *Int. Conference on Automated Planning and Scheduling*, 2012, pp. 47-55.



Antonio Garrido Tejero es doctor en Informática y profesor titular en la Universitat Politècnica de València (España). Sus áreas de interés incluyen las técnicas de Inteligencia Artificial basadas en búsqueda, principalmente la planificación, scheduling y satisfacción de restricciones, así como sus posibles aplicaciones como en el caso de e-learning y adaptación de contenidos de aprendizaje.



Lluvia Carolina Morales Reynaga es doctora en Ciencias de la Computación y Tecnología Informática por la Universidad de Granada (España). Sus líneas de investigación son Inteligencia Artificial Aplicada al e-learning, Planificación y Scheduling Inteligentes e Ingeniería de Conocimiento. Actualmente es profesora Titular de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (México).

Página en Blanco

Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica

TAEF 2012

Manuel Caeiro, *Senior Member, IEEE*, Camilo Quintáns, *Member, IEEE*,
and Alfonso Lago, *Senior Member, IEEE*

LA presente edición de la Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje (RITA) contiene una selección de artículos que fueron presentados en el congreso TAEF 2012 (Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica), celebrado el pasado mes de junio de 2012 en Vigo.

El congreso TAEF constituye la principal actividad de una red de profesores de enseñanza superior de distintas universidades españolas y latinoamericanas cuyo objetivo es mejorar la docencia en el ámbito de la electrónica mediante la reflexión conjunta de los problemas a los que se enfrenta la generación de recursos didácticos, principalmente con base tecnológica, y el fomento de la reutilización y la generación cooperativa del conocimiento. La finalidad del TAEF es potenciar el uso de metodologías activas de aprendizaje y de una enseñanza con una fuerte vinculación a la práctica profesional. Entre los temas tratados en esta edición del congreso se encuentran:

- Actualizar el Espacio Europeo para Educación Universitaria en el 2012.
- Nuevas oportunidades en el proceso de enseñanza. Formación en competencias y trabajo colaborativo. Web 2.0 y 3.0.
- Modelos de enseñanza mixta para formación ingenieril. Laboratorios virtuales y remotos.
- Nuevos recursos educativos. Reutilización. Objetos de Aprendizaje. Materiales libres. Mejores prácticas.

Las áreas temáticas que se utilizaron para organizar las colaboraciones para la conferencia fueron: Electrónica Básica, Electrónica Analógica, Sistemas Digitales, Microcontroladores y Microprocesadores, Instrumentación Electrónica, Electrónica de Potencia, Tecnología de dispositivos, Sistemas de Control, Procesado de Señal, Sistemas de Comunicación, Recursos Educativos, Experiencias Educativas, Enseñanza a distancia: Métodos, Tecnologías y Evaluaciones, Confección de nuevos curriculums, Adaptación e implementación del Sistema de Transferencia de Créditos Europeo, Educación con dispositivos móviles, Educación para personas con discapacidad y personas mayores.

De los artículos presentados en el congreso, se han seleccionado tres para esta edición de RITA. Se trata de los tres artículos que recibieron las valoraciones más altas

por parte de los revisores. El primero de ellos, escrito por Manuel A. Perales, Federico Barrero y Sergio Toral, de la Universidad de Sevilla, se titula **“Experiencia PBL en una Asignatura Troncal de Electrónica General”**. Los autores mantienen que la enseñanza relacionada con las tecnologías electrónicas se ha venido realizando de una manera poco motivante para los alumnos, fundamentalmente porque no acerca los sistemas electrónicos reales a la clase. Por eso, en el artículo plantean un rediseño de una asignatura troncal de Electrónica General de 2º curso del grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales. La metodología docente planteada reduce el contenido de las clases teóricas del curso y mejora la coordinación entre la parte teórica y práctica de la asignatura mediante la inclusión en el temario de una metodología docente de aprendizaje basada en problema (PBL).

El segundo artículo seleccionado está escrito por Antonio García Moya y Ángel Barriga Barros, de la Universidad de Sevilla, y se titula **“Curso Práctico de Sistemas Empotrados basado en Placas de Desarrollo XUPV2P”**. Los autores manifiestan que el auge de los sistemas empotrados y la complejidad funcional que desde el mercado se impone a estos sistemas requiere disponer de profesionales entrenados en estas materias. Los sistemas empotrados se caracterizan por un fuerte acoplamiento entre el hardware y el software. Ello obliga a que los diseñadores, tanto del sistema empotrado en sí mismo como de las aplicaciones, deban aproximarse de manera conjunta tanto a los aspectos hardware como software. En este artículo se describe un conjunto de prácticas de desarrollo de sistemas empotrados sobre FPGA que incluye tanto el diseño de la arquitectura hardware del sistema como la configuración, adaptación e implementación de un sistema operativo empotrado.

El tercer artículo seleccionado está escrito por Guillermo Asín y Julio Pastor de la Universidad de Alcalá, y se titula **“Plataforma Robótica de Bajo Coste Basada en la Arquitectura Software Player/Stage y en el Hardware de La Fonera”**. En este trabajo se presenta una propuesta de bajo coste para el desarrollo de un laboratorio remoto, ofreciendo la posibilidad de proporcionar aprendizaje en el campo de la robótica a usuarios sin necesidad de permanecer en el laboratorio físicamente o, simplemente, de tener que manipular la plataforma robótica cada vez que se desee reprogramarla. Además, ofrece la posibilidad de que una misma

plataforma sea utilizada por un grupo de usuarios organizados por turnos para la prueba de sus algoritmos. El sistema está basado en un *router* Wi-Fi al que se le ha actualizado el firmware introduciendo el sistema operativo Linux y al que se ha conectado una tarjeta de control que gestiona el hardware de un robot móvil. En el procesador se ha introducido, además del nuevo sistema operativo, el entorno Player Server, el cual es muy utilizado en plataformas de robótica comercial en investigación.

AGRADECIMIENTOS

Desde esta editorial queremos transmitir nuestro más sincero agradecimiento a los Comités Organizador y de Programa del congreso TAEE 2012, así como a los revisores y a los autores que han participado en él, pues gracias a su elogiado trabajo han hecho posible que este evento se desarrollase de forma exitosa. Finalmente, aprovechar estas líneas para animar a los lectores a que participen en la nueva edición del congreso que se realizará en el año 2014 en la Universidad de Deusto en Bilbao.



Manuel Caeiro es Ingeniero de Telecomunicación (1999) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (2007) por la Universidad de Vigo. Actualmente es Profesor Contratado Doctor en el Depto. de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, impartiendo asignaturas relacionadas con la Ingeniería del Software y la Arquitectura de Ordenadores. Su interés investigador se centra en la aplicación de las TIC a la educación, en especial en el marco de los lenguajes de modelado educativo. Manuel es miembro del capítulo español de la Sociedad de Educación del IEEE con el que colabora activamente en la realización de publicaciones y eventos.



Camilo Quintáns, nacido en Poio (Pontevedra) en 1971, es Ingeniero Técnico Industrial por la Universidad de Vigo (1997) e Ingeniero Industrial (2005) y Doctor (2008) por la UNED, universidad por la que obtuvo el premio extraordinario de doctorado. Hasta el año 2001 ha desarrollado su experiencia profesional en el campo de la electrónica en diversas empresas (Electroquímica del Noroeste S.A., Radiomodem S.L. e Hidrofreixa S.L., ente otras) y ha sido Profesor Asociado de la Universidad de Vigo desde del año 2000 al 2011. Desde el año 2004 colabora como tutor en el Centro Asociado de la UNED de Pontevedra, Centro del que ha sido director en el periodo 2008-2009. Actualmente es Profesor Contratado Doctor por la Universidad de Vigo y sus líneas de investigación se centran en los sistemas electrónicos de instrumentación y en la mejora de la enseñanza de la electrónica.



Alfonso Lago, nació en Lalín, España, en 1962. Graduado en Física por la Universidad de Santiago de Compostela, en 1988, y doctor Ingeniero Industrial por la Universidad de Vigo, en 1994. En la actualidad es profesor titular en la Universidad de Vigo. Su actividad investigadora incluye temas de fuentes de alimentación conmutadas, control aplicado a los convertidores de potencia y temas de innovación educativa. Alfonso Lago es miembro Senior del IEEE, coordinador de los capítulos de la Sección Española del IEEE y miembro de la IEEE Industrial Electronics Society, IEEE Power Electronic Society, IEEE Education Society y la Asociación EPE.

Experiencia PBL en una Asignatura Básica de Electrónica

Manuel A. Perales, Federico J. Barrero, *Senior Member, IEEE*, Sergio L. Toral, *Senior Member, IEEE*,
Mario J. Duran

Title—A PBL Experience in an Electronic Engineering Introductory Course

Abstract— The adaptation of the traditional Engineering degrees to the European Higher Education Area creates many challenges in the implementation of recent educational paradigms. This is the case of the Engineering Degree in Industrial Technologies at the University of Seville, Spain, which has been teaching since 1964, and has been adapted to be started in the 2010/2011 academic year. This new degree includes a second year one-semester introductory course in electronic engineering, which has been taught for the first time in the 2011/2012 academic year with 400 enrolled students. Most of these students will not continue studying electronic technology, and an important effort has been done to improve the student's progress, attitude and perception of the course. This paper presents the new course teaching approach, where an up-bottom methodology has been designed and a PBL teaching/learning experience has been included. The obtained results and students' feedback are also detailed.

Index Terms—I Industrial electronics education, introductory course, problem-based learning (PBL), teaching/learning strategies.

I. INTRODUCCIÓN

EL sistema universitario está experimentando un profundo cambio institucional ocasionado por el proceso de globalización impulsado por la Unión Europea. La Declaración de La Sorbona de 1998 enfatiza el papel central de las universidades en el desarrollo de la dimensión cultural europea, resalta la creación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) como una forma de promover la movilidad y el empleo de los ciudadanos, así como potenciador del desarrollo de todo el continente, y manifiesta el deseo europeo de crear la “Europa del Conocimiento”. Factor importante de este nuevo marco hacia el que convergen las universidades europeas, o mercado común europeo de tipo académico [1], es el aprendizaje para toda la vida y el interés por conceptos tales como “aprender a aprender” o “aprender realizando” [2].

Los cambios de planes de estudio en las Escuelas de Ingeniería de España, para adaptarse al EEES, se prevé que produzcan un cambio notable en la enseñanza universitaria que se traduzca en el mayor peso de las clases y

experiencias docentes de tipo práctico, al fomentarse el concepto aprender-realizando. Por tanto, la incorporación de métodos activos que fomenten la participación del alumno en el proceso de enseñanza, tales como el aprendizaje basado en problemas o el basado en proyectos [3-6], terminarán por hacerse un hueco entre la mejor aplicación de otras metodologías tradicionales. Estos conceptos son, sin embargo, especialmente difíciles de trasladar a asignaturas obligatorias. Este es el caso que se plantea en este trabajo, centrado en una asignatura de 4,5 créditos, 2º curso y 2º cuatrimestre del nuevo grado de Ingeniería en Tecnología Industrial. La asignatura, denominada “Electrónica General”, se ha impartido por primera vez durante el curso 2011-2012 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla. En este artículo se describe la implantación de una metodología activa de aprendizaje basada en el problema (metodología PBL) del diseño, realización y programación de un sistema electrónico con microprocesador que funciona como termostato digital. El principal inconveniente para la utilización de métodos activos de enseñanza, como el que se presenta, es el elevado número de alumnos inscritos (395 en este caso concreto). Por otro lado, la asignatura en la que se centra este trabajo de mejora e innovación docente es la primera del área de conocimiento “tecnología electrónica” que ven los alumnos de grado. Muchos de estos alumnos cursan la asignatura pero no continúan estudiando la intensificación de electrónica, por lo que el único contacto que tendrán con la electrónica es el asociado a esta asignatura. Por ello, el departamento se planteó el cambio del contenido y la metodología docente. El contenido cambia para abordar la temática desde un punto de vista de las aplicaciones finales y el desarrollo del sistema electrónico práctico del PBL, frente a la forma tradicional (empleada en el antiguo plan que se está extinguiendo) en la que el alumno estudiaba únicamente conceptos básicos de la electrónica tales como la física de semiconductores o los componentes y dispositivos elementales. La metodología docente cambia dejando atrás el método de enseñanza tradicional basado en la clase magistral y apostando por una mayor participación de los alumnos en la actividad docente. El objetivo perseguido por este trabajo pasa también por un cambio en el contenido de la materia a impartir, partiendo de la descripción de sistemas reales, y centrándose menos en los componentes electrónicos y más en cómo la electrónica ayuda y se integra en el desarrollo de dichos sistemas. Se describirán algunos conceptos básicos de la electrónica analógica y digital, necesarios para comprender la utilidad de la electrónica como herramienta de la Ingeniería, y se concluirá con la experiencia PBL, que intercala clases

M.A. Perales, F.J. Barrero, S.L. Toral son miembros del departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla, impartiendo clases en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla, e-mail: {mperales, fbarrero, storl}@us.es

M.J. Durán es miembro del departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Málaga, impartiendo clases en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Málaga, e-mail: mjduran@uma.es

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

magistrales, en las que se plantea, analiza y discuten las características de un sistema electrónico con componentes analógicos y digitales, con clases prácticas en las que se desarrolla, programa y maneja dicho sistema. En el curso 2011-2012, el sistema electrónico propuesto para el PBL es un termostato digital basado en un microcontrolador de bajo coste del fabricante Texas Instruments.

El artículo se organiza como sigue. La sección II describe las condiciones de contorno de la experiencia PBL, introduciendo la asignatura en la que se imparte. La experiencia PBL se detalla en la sección III, mientras que los resultados obtenidos se introducen en la sección IV. Las conclusiones se plantean en la última sección del artículo.

II. LA ASIGNATURA DE ELECTRÓNICA BÁSICA

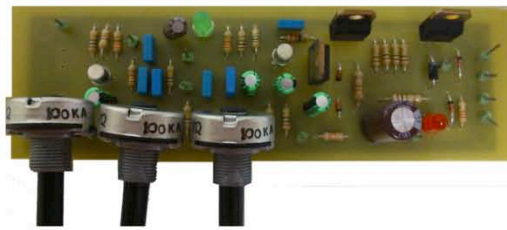
La asignatura en cuestión se imparte en el 2º cuatrimestre de 2º curso, en el nuevo grado en ingeniería en tecnologías industriales que comenzó a impartirse en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Sevilla en el curso 2010-2011. Se trata de una asignatura común a todos alumnos de la titulación, siendo el curso 2011-2012 el primer año en el que ésta se imparte. Se estructura en 4,5 créditos ECTS, que en materia docente se reparten entre 14 clases teóricas de 1 hora y 50 minutos cada una más 7 clases prácticas de 2 horas. Se trata de la primera asignatura que aborda la electrónica en el grado, y para muchos alumnos la última. La asignatura se ha estructurado en las siguientes partes teóricas, con indicación de su correspondiente carga lectiva y contenido:

- 1ª parte. Introducción (2 clases). En esta parte se realiza la presentación de la asignatura (1/2 clase), se detalla qué es la electrónica, su utilidad e historia, distinguiéndose entre electrónica analógica y electrónica digital (1/4 clase), se analizan las diferentes áreas en las que se subdivide la electrónica como potencia, control, comunicaciones, cálculo, sensores e instrumentación (1/4 clase) y se muestran algunas aplicaciones concretas en las que se analiza la utilidad de los sistemas electrónicos (1 clase). Se presentan en concreto tres aplicaciones de interés relacionadas con la industria del automóvil (sensores, control encendido, seguridad, dirección asistida, etc.), los equipos de audio (lectores láser, convertidores AD y DA, amplificadores, etc.) y las energías renovables (análisis de un aerogenerador en un parque eólico: rectificadores, inversores, control de velocidad, sensores, etc.).
- 2ª parte. En esta parte se introducen conceptos básicos relacionados con la electrónica analógica (4 clases). Se comienza describiendo la unión pn y los dispositivos electrónicos básicos; el diodo, el transistor BJT y MOSFET y el amplificador operacional (1 clase). Se analiza la estructura, símbolos, relaciones entre la corriente y tensión (curva de funcionamiento ideal). Se detallan las zonas de funcionamiento, la polarización y las principales características de catálogo. Se muestra el “aspecto físico” de los dispositivos reales y las diferencias de comportamiento entre los dispositivos ideales y los reales (principales parámetros eléctricos). Posteriormente se analizan los rectificadores y filtros básicos (1 clase). Se ven

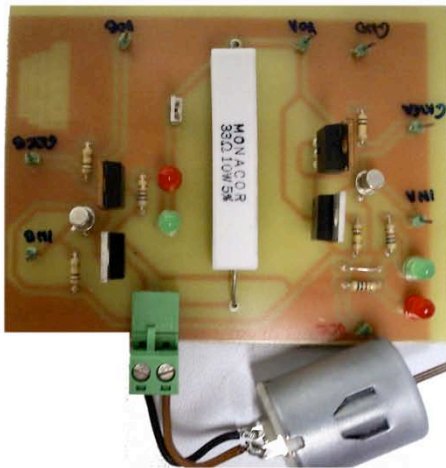
los rectificadores de media onda, onda completa, onda completa con condensador, regulador Zéner, filtros paso bajo RC, filtro paso alto RC, otros filtros (activos, orden superior), así como rectificadores y filtros comerciales. En la siguiente clase se estudian los amplificadores, interruptores y drivers (1 clase). Se ve el amplificador operacional como amplificador (inversor y no inversor), el BJT y MOSFET como interruptores, y drivers para LEDs, motores de corriente continua y alterna, etc., así como algunos amplificadores y drivers comerciales. Finalmente se muestran algunos sistemas electrónicos analógicos (1 clase), tanto lineales como amplificadores de audio o circuitos de adaptación de señales, como no lineales empleados en electrónica de potencia.

- 3ª parte. Esta parte se centra en el análisis de los sistemas electrónicos digitales (4 clases). En primer lugar se introduce y describe la electrónica digital, su interés y relación con la electrónica analógica en los sistemas electrónicos actuales (1/2 clase). Posteriormente se plantean brevemente sistemas electrónicos digitales de aplicación industrial empleados en control de aerogeneradores, automoción, supervisión de entornos naturales o redes de sensores y sistemas (1/2 clase). Se ve como ejemplo más particular un sistema de control semafórico basado en el estándar PC 104 desarrollado por la empresa ACISA. En la segunda y tercera clases se describen las características genéricas de un sistema electrónico digital basado en microprocesador, para distinguir entre el propio microprocesador y los periféricos del sistema. Se detallan las principales condiciones de diseño de estos sistemas electrónicos (mapas de memoria y tiempos de acceso), las características básicas de los microprocesadores, microcontroladores, DSP, FPGA o, en general, cualquier dispositivo provisto de CPU, y se describen las características básicas de los periféricos. Se analizan algunos periféricos. Se ve la funcionalidad y estructura de bloques, así como algunos dispositivos comerciales (fabricantes, tipos, precios, aplicaciones principales, características de catálogo). La última clase del bloque se centra en el análisis de los dispositivos elementales, comenzando por las puertas básicas (INV, AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR) y biestables, pasando por los codificadores y decodificadores, los multiplexores y demultiplexores, y concluyendo con los registros y contadores. Se ven los símbolos, la funcionalidad y algunos dispositivos comerciales.

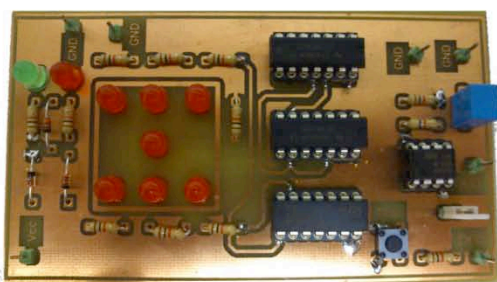
Estas tres partes se complementan con 4 prácticas de dos horas. La primera de estas prácticas se centra en mostrar a los alumnos cómo es y cómo se deben manejar en un laboratorio de electrónica básica (recordemos que se trata de la primera ocasión que la mayoría de los estudiantes entra en un laboratorio de este tipo). Se describe y muestra el modo de funcionamiento de los principales equipos de instrumentación que se van a encontrar en cualquier laboratorio de electrónica básica: la fuente de alimentación, el multímetro, el generador de señales y el osciloscopio.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. Placas empleadas en las clases prácticas de la asignatura “Electrónica General” (a) preamplificador de audio; (b) puente en H; (c) dado electrónico

Las siguientes prácticas se centran en mostrar al alumno pequeños sistemas electrónicos analógicos, digitales y mixtos que permitan vislumbrar la utilidad de la electrónica, analizar el comportamiento de algunos dispositivos examinados en las clases magistrales y adquirir destreza en el laboratorio. Así, la práctica 2 se centra en el análisis de un preamplificador de audio con etapa de potencia de 2 W. La práctica 3 analiza un puente H que permite controlar la velocidad y sentido de giro de un motor de continua. Finalmente, la práctica 4 muestra un dado electrónico, lo que permite analizar cómo funciona un contador de 4 bits, cómo se puede generar una señal de reloj y qué utilidad tienen los mapas de Karnaugh en la simplificación de las funciones combinacionales. En la Fig. 1 se muestra una composición con las placas que manejan los alumnos en las

clases prácticas 2 a 4. Al final del curso, los alumnos realizan un examen en el propio laboratorio sobre estas cuatro prácticas, siendo ésta la séptima práctica programada, tras las dos asociadas al PBL.

La experiencia PBL en la que se centra este trabajo constituye el cuarto bloque de la asignatura. El objetivo que se plantea es el análisis, diseño, implementación y programación de un sistema electrónico. Se define y analiza un problema real, proponiéndose una solución basada en sistemas y componentes electrónicos introducidos por el profesor en la asignatura. Finalmente, el sistema se implementa y programa en el laboratorio. Para ello se utilizan 4 clases teóricas de 1 hora y 50 minutos y 2 clases prácticas de 2 horas. Obviamente existen notables limitaciones para poder abordar este trabajo entre las que destacaríamos el elevado número de alumnos (cerca de 400), el limitado conocimiento de la tecnología electrónica por parte de la mayoría de estos alumnos (nuestra asignatura es la primera que trata la tecnología electrónica en el grado) o los escasos recursos disponibles para la realización de la experiencia (menos de 12 horas presenciales). Se cuenta como ventaja, sin embargo, con la motivación extra que supone para el alumno tener conciencia (seguramente por primera vez en el grado) de la capacidad que van adquiriendo en la resolución de problemas reales. Esta motivación extra ha sido detectada claramente por los profesores de la asignatura por el extraordinario interés demostrado por los alumnos en completar el desarrollo del sistema propuesto fuera del horario lectivo. En el curso académico 2011-2012, primer año de implantación de la asignatura, se ha realizado un sistema electrónico con la capacidad de controlar la temperatura de un habitáculo empleando un termostato con histéresis. El sistema dispone de un microcontrolador, una resistencia NTC (Negative Temperature Coefficient thermistors) para medir la temperatura, así como algunos amplificadores, filtros, registros de desplazamiento, drivers y displays de 7 segmentos para visualización de la temperatura medida. Los pasos a seguir son:

- Definición del sistema.
- División en bloques constructivos (circuitos que integran el sistema).
- Análisis de los circuitos que integran el sistema y ajuste de los mismos (cálculo de los valores de parámetros necesarios para que los circuitos funcionen correctamente).
- Uso de manuales o datasheets.
- Simulación de las partes del circuito.
- Presupuesto, precios, decisiones tecnológicas.
- Montaje en el laboratorio de todo el sistema.
- Programación y puesta en marcha.

Se considera conveniente destacar que el sistema desarrollado por los alumnos se les entrega al final de la asignatura. Este sistema puede ser reutilizado en la asignatura “sistemas electrónicos digitales”, que se imparte en tercer curso a varias intensificaciones. De esta manera,

los alumnos interesados pueden seguir en su casa trabajando con el sistema, reprogramarlo y aprender el manejo del microcontrolador antes de cursar la asignatura de tercer curso.

III. EXPERIENCIA PBL

La experiencia PBL planteada parte de la base de que la asignatura puede ser la única de tecnología electrónica que verán muchos de los alumnos inscritos. Se insiste de manera especial en fomentar el carácter ingenieril de la electrónica, no como herramienta sino como tecnología susceptible de ser desarrollada con pocos medios, en relación a otras ramas de la ingeniería industrial. Se incide en aspectos de la electrónica y la ingeniería industrial como pueden ser:

- La búsqueda de información y de soluciones.
- La capacidad de selección con criterio de tecnologías relacionadas con la electrónica.
- La valoración económica de los diseños electrónicos.
- El conocimiento de las distintas tecnologías de fabricación de circuitos.

En la parte 4 de la asignatura se hace un particular hincapié en estas competencias. El planteamiento inicial consiste en realizar un trabajo en clase con los alumnos en el que se visualizan las diversas etapas de un diseño electrónico completo, desde la idea inicial hasta el montaje y programación del prototipo final. Dado el gran número de alumnos por grupo (hay sólo 4 grupos, con unos 100 en cada aula, atendidos en las clases magistrales por un profesor), se hace inviable realizar pequeños grupos de trabajo en el aula en los que ir diseñando cada parte de un gran proyecto, así como la posibilidad de realizar el diseño en tiempo real. Por ello se ha optado por un sistema en el que se realiza en primer lugar el diseño, estableciendo los parámetros que llevan a tomar cada una de las decisiones importantes del mismo, analizando paralelamente los caminos no elegidos. Se trata de realizar una simulación de diseño en la que se desarrolle el producto (que previamente ya se ha diseñado en su totalidad) con unas condiciones de contorno precisas y conocidas.

En la Fig. 2 se observa la distribución prevista del trabajo a realizar. Dicho trabajo se ha distribuido en cuatro semanas lectivas. Se parte de la descripción de una situación de ingeniería real: somos ingenieros en la empresa X, que tiene determinadas características (tamaño, tecnología, capacidades, etc.), y se nos encarga el desarrollo de un sistema electrónico con unos requisitos. En concreto, el trabajo durante el primer curso consiste en desarrollar un sistema de control de temperatura con salida a doble circuito (aire acondicionado y calefacción), con posibilidad de variar manualmente la consigna de temperatura y control con histéresis de la misma, tanto para encender y apagar el aire acondicionado como el calefactor.

La experiencia comienza presentando el problema y explicando qué se pretende lograr. Posteriormente se muestran algunos sistemas reales que cumplen con las especificaciones, con idea de que los alumnos comprendan con exactitud el objetivo marcado, y asuman que ya existen

productos similares al que se quiere realizar. De aquí emana, además, la primera tarea que se les ha encargado: hacer un pequeño estudio de mercado en el que busquen por Internet distintos controladores de temperatura, en el rango necesario, con indicación de los precios de los mismos.

A continuación, se expone a los alumnos tres enfoques globales para realizar el diseño del sistema:

- Basado en elementos analógicos. El sensor sería analógico, y el control también.
- Basado en elementos digitales discretos, usando registros, multiplexores, puertas lógicas, etc.
- Basado en un sistema digital con un procesador, preferiblemente un microcontrolador.

Tras esta presentación, se abre un turno para exponer ventajas e inconvenientes de los diferentes enfoques globales planteados para la solución del problema, haciendo énfasis en las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas. Se concluye que el más interesante es el enfoque digital por su versatilidad y capacidad de reprogramación (como se ha comentado con anterioridad, los condicionantes de la asignatura aconsejan un desarrollo guiado de la experiencia PBL). En esta primera sesión también se aborda la cuestión de los sensores de temperatura, mostrando algunos de ellos y explicando en detalle los dispositivos de tipo NTC, que son los elegidos. Se comenta la necesidad de adaptar la señal en cualquier caso, y específicamente en el caso de los dispositivos NTC. La segunda tarea que se propone a los alumnos es la búsqueda de información y elaboración de alternativas para la medida de la temperatura, destacando características como la precisión, el precio y su carácter analógico o digital.

En la segunda semana lectiva, la experiencia PBL se centra en el diseño de la parte digital. Para ello, se empieza hablando de los microcontroladores/microprocesadores y dispositivos con CPU, sus diferencias, fabricantes y tipos. Se hace una primera selección del dispositivo necesario, teniendo en cuenta los requerimientos del diseño planteado. A este proceso se le denomina preselección del microcontrolador, para resaltar que hasta que no se cierre el diseño completo puede cambiar la especificación del microcontrolador. Seguidamente se diseña el interfaz del sistema, explicando cómo se puede hacer un display y un teclado con el mínimo número de líneas de entrada/salida de propósito general del microcontrolador. Se explica cómo se usa un display de 7 segmentos y cómo se realiza un "barrido" de un teclado con n teclas para la detección de la tecla pulsada. Se fijan las necesidades del sistema (en la experiencia diseñada: 3 dígitos y 3 pulsadores) y con estos datos se realiza el diseño del interfaz, contando como elemento externo con un registro de desplazamiento que hará las veces de "periférico SPI (Serial Port Interface)". De esta forma se analizan las comunicaciones serie y se comparan con las comunicaciones de tipo paralelo, y se facilita la visualización posterior en el laboratorio de los datos transferidos por el enlace o periférico de comunicación. Se ha elegido como procesador el dispositivo MSP430G2231, de Texas Instruments. Se trata de un microcontrolador de bajo coste (sólo dispone de 14 pines).



Figura 2. Temporización de las diversas partes del proceso PBL y tareas a realizar por los alumnos

Se explica el motivo de esta elección basándose en criterios tales como el precio, disponibilidad, existencia de sistema de desarrollo de bajo coste, bajos voltaje y consumo, dando por sentado que dispone de todos los periféricos necesarios para el desarrollo del diseño. La tercera tarea que se plantea a los alumnos está relacionada con la búsqueda y discusión de otros posibles candidatos a microcontrolador, debiendo justificar las elecciones y soluciones planteadas en base al precio y las prestaciones.

La tercera semana lectiva se centra en la parte analógica. Al escogerse un dispositivo NTC como sensor de temperatura, se ha forzado el desarrollo de una etapa de acondicionamiento de señal más importante de lo que hubiera sido necesario si la elección hubiese sido, por ejemplo, un sensor con salida digital. El motivo que subyace es forzar al alumno en el análisis y comprensión de una etapa analógica de acondicionamiento de señal. De esta forma se incluye una etapa analógica en el diseño de la experiencia PBL. Se presenta el problema de la adaptación, incluido el hecho de la variación logarítmica de la resistencia del dispositivo con la temperatura, lo que complica dicha adaptación. Se propone una solución basada en dos amplificadores operacionales, mostrándose la simulación del circuito para que el alumno observe el funcionamiento del mismo. Como tarea derivada de esta parte de la experiencia se pide a los alumnos que diseñen etapas similares para algún otro sensor que escojan, bien por iniciativa propia o como alternativa al diseño propuesto para este trabajo. Finalmente, y como parte final de esta sesión, se comenta la utilidad de las herramientas CAD, el diseño asistido por ordenador y los programas de diseño de circuitos impresos, explicando las limitaciones existentes en

nuestro caso en la realización del diseño del circuito electrónico, que se pueden resumir en que no se pueden usar elementos SMD y que se ha procurado realizar el diseño del circuito a una cara.

La última semana se hace un boceto de las diferentes tareas que debe realizar el microcontrolador, sin entrar en muchos detalles de programación pero comentando cómo es el esqueleto del programa y cómo se realiza el cálculo y la representación de la temperatura. Por último, se presenta un presupuesto detallado de los materiales a utilizar en el



Figura 3. Sistema desarrollado dentro de la experiencia PBL

montaje del prototipo, insistiendo en la diferencia entre un prototipo y un sistema final.

Coincidiendo en el tiempo con el desarrollo de estas sesiones semanales adscritas a la experiencia PBL, los alumnos van montando la placa resultante en clases prácticas. Se han dispuesto para ello dos sesiones de dos horas cada una. En un principio se pensó dedicar la primera sesión para que los alumnos realizaran el revelado y taladrado de las placas en el laboratorio, partiendo del fotolito que previamente se ha diseñado. Finalmente, ante las dificultades técnicas derivadas de tener que realizar cientos de placas en una semana, se optó por filmar un video con el proceso de realización de placas por el procedimiento fotolitográfico, en el que mostrarles cómo sería el proceso y mandar a fabricar las placas para facilitar la soldadura de las mismas. Este video está disponible actualmente en el portal Youtube [7]

El proceso del montaje (soldadura) de las placas lo realizan los alumnos, siendo la mayoría de estos nóveles en dicha tarea. Por este motivo se consideró conveniente mandar a fabricar placas que estuviesen estañadas para facilitarles la tarea de montaje. La decisión adoptada se considera, a posteriori y por parte de los profesores involucrados en la experiencia PBL, como un acierto total. En todo caso, se realizó un segundo video [8] en el que se muestra a los alumnos el procedimiento seguido por la empresa para la realización de las placas que van a soldar en el laboratorio. En la segunda sesión concluyen el montaje del sistema y graban en la memoria interna de tipo no-volátil del microcontrolador un programa ya realizado y que permite el funcionamiento del sistema como termómetro digital. Los alumnos proceden a probar y calibrar las placas,

para lo que tienen que reprogramar el microcontrolador en el laboratorio.

A lo largo de todo el proceso los alumnos deben entregar cada semana las tareas que se vayan especificando. Aquellos alumnos que entreguen al menos 4 de las 5 tareas y tengan una nota media superior a 6, podrán eliminar la parte 4 como materia del examen de la convocatoria oficial de la asignatura. Esta evaluación continua del trabajo favorece la implicación del alumno en la asignatura. En la Fig. 3 se puede observar el sistema que deben realizar los alumnos a lo largo de la experiencia PBL, con todos los elementos ya montados. Se ha procurado que el circuito contenga partes digitales y analógicas. En la fotografía se pueden distinguir los displays de 7 segmentos, la NTC conectada a la derecha de la placa, el circuito de adaptación con el amplificador operacional justo al lado, y el microcontrolador (abajo en el centro) conectado al registro de desplazamiento (en el centro de la placa). En la Fig. 4 se muestra el esquemático completo del circuito desarrollado para la experiencia, en el que se observan la adaptación analógica, el microcontrolador, el registro de desplazamiento haciendo las veces de periférico SPI y los display de 7 segmentos.

La Tabla I detalla el presupuesto aproximado del montaje de cada placa, sin contar con el soporte (placa de una cara) ni los consumibles (ácidos, brocas, estaño, etc.). Inicialmente se consideró la posibilidad de que cada alumno adquiriera sus propios materiales e hiciera la placa. Finalmente, y por cuestiones logísticas, se decidió montar una placa por cada 4 alumnos (en total se han mandado fabricar 100 placas), con lo que cada alumno podrá ver y participar en el montaje a un menor coste y con mayor aprovechamiento de los sistemas finales (estimamos que

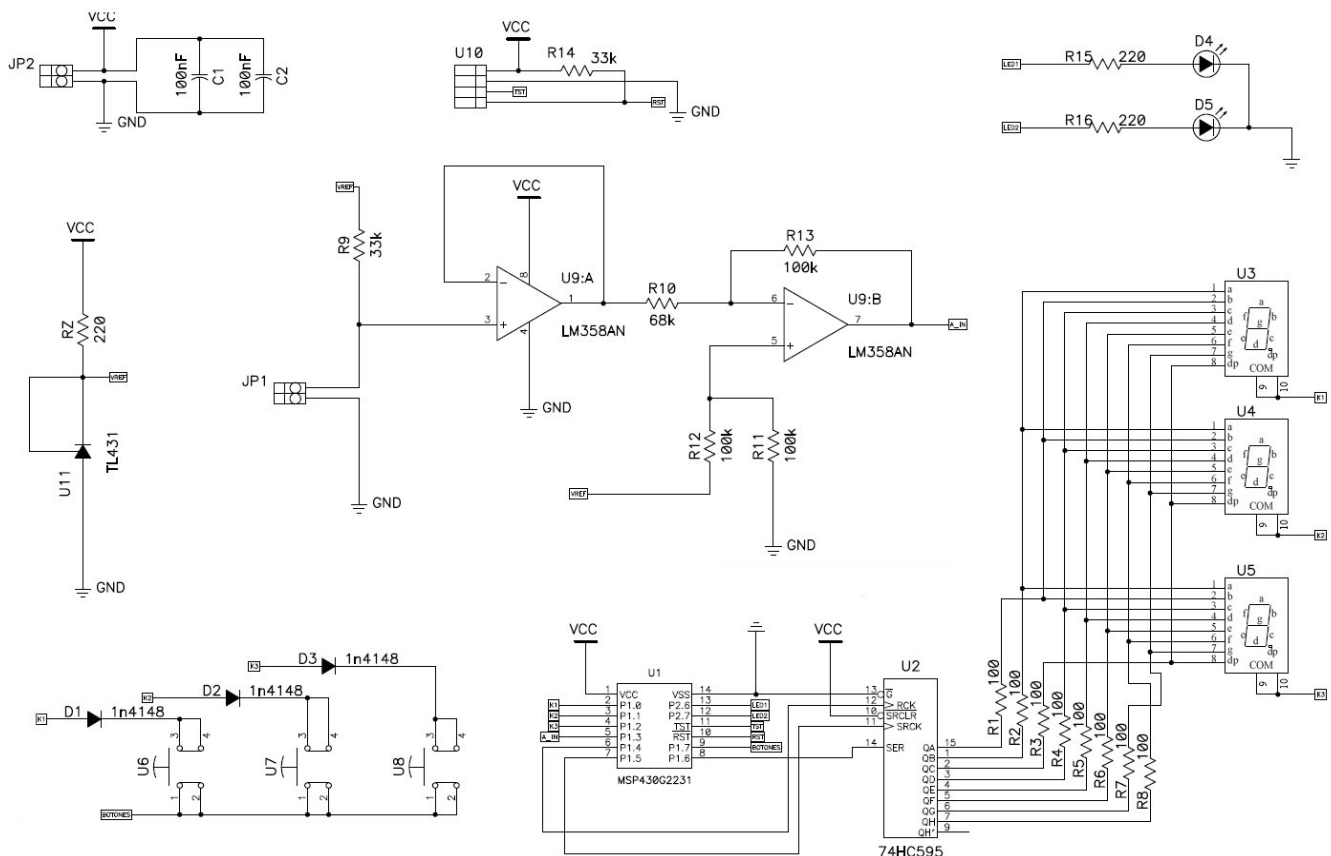


Figura 4. Esquema del sistema completo, con la parte analógica y digital

unos 100 alumnos pueden cursar las 3 intensificaciones que estarían luego involucradas en el manejo del sistema desarrollado en clases prácticas, que son los que se quedarían con los sistemas montados).

IV. RESULTADOS

Una vez finalizada la experiencia se han extraído las siguientes consecuencias de la misma:

- Se ha conseguido una altísima asistencia a clase (en torno al 90% de los alumnos matriculados), de lo que se deduce que la aceptación de la experiencia docente ha sido alta.
- Las tareas voluntarias para evaluar la parte PBL de la asignatura han tenido una gran aceptación. Un 88% de los alumnos las han entregado, con una nota media de 7,8. Esto presenta una lectura adicional. Muchos de estos alumnos se han presentado para aprobar a la primera convocatoria oficial de la asignatura (al examen oficial han accedido más de 310 de los cerca de 400 matriculados, el 79% de los alumnos matriculados). Se combate, así, el abandono de la materia. En primera convocatoria han aprobado además un 93% de los alumnos presentados, lo que demuestra un elevado seguimiento de la materia.
- Un gran número de alumnos que no pudieron terminar de montar la placa en las prácticas por diversos motivos vinieron de forma voluntaria, y una vez concluido el curso, para completar el montaje y programación de la misma. Nuevamente se puede concluir que el interés del alumnado y su aceptación de la experiencia docente han sido altos.
- En general, y a falta de conocer los resultados de las encuestas de calidad que se publicarán el curso 2012-2013, la percepción es que los alumnos están satisfechos con el trabajo realizado y lo valoran positivamente.
- Destacar, por el contrario, que el elevado número de alumnos hace complicado llevar al día la corrección de las tareas planteadas (en determinado momento del curso se acercaron a las 2000 tareas entregadas), aspecto que habrá que reconsiderar para siguientes ediciones.
- En esta primera edición, la parte 4 se desarrolló al final del curso. Este hecho también será reconsiderado en próximas ediciones, dado que es

la época en que los alumnos están más sobrecargados de trabajos. Para el próximo curso, las sesiones (clases magistrales y prácticas de la parte 4) se intercalarán durante el curso.

V. CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un nuevo enfoque de una asignatura obligatoria de introducción a la Electrónica, de segundo curso en el nuevo grado en ingeniería en tecnologías industriales. La forma en que tradicionalmente se ha venido explicando la asignatura se ha cambiado, limitando el contenido teórico adscrito a los dispositivos elementales e incidiendo en la utilidad y necesidad de los sistemas electrónicos, tanto analógicos como digitales. El enfoque práctico de la asignatura se ha fomentado mediante una experiencia de tipo PBL, orientada hacia una aplicación industrial e ingenieril con idea de hacer que la materia resulte más interesante para los alumnos de la titulación. Tradicionalmente son muy pocos los alumnos que finalmente optan por la especialidad de electrónica, dentro de la titulación de ingeniería industrial (a partir de este curso, grado en ingeniería en tecnologías industriales), con lo que esperamos que el nuevo enfoque cambie la tendencia una vez que los alumnos comprendan el interés industrial de la electrónica, tanto de forma instrumental como por sí sola.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean expresar su agradecimiento a la Universidad de Sevilla, y al I Plan Propio de Docencia (convocatoria Proyectos de Innovación y Mejora Docente 2011-12), por el apoyo recibido para la realización de la actividad descrita; Proyecto: Desarrollo de nueva metodología docente basada en PBL para la asignatura de nueva creación denominada "Electrónica General", adscrita al nuevo grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales.

REFERENCIAS

- [1] C. Musselini, "Towards a European academic labour market: Some lessons drawn from empirical studies on academic mobility," *Higher Education*, vol. 48, pp. 55-78, 2004.
- [2] B. Suárez, "La sociedad del conocimiento: una revolución en marcha," Seminario REBIUN. Palma de Mallorca, 2003.
- [3] McMaster University: Problem-Based-Learning, [En línea] <http://www.chemeng.mcmaster.ca/pbl/pbl.htm>, Último acceso: 8 de julio de 2012.
- [4] S. Gwen, "Project-based learning: a primer," *Technology and Learning*, vol. 23, no 6, pp 20-30, 2003.
- [5] N. Aliane, S. Bemposta "Una experiencia de aprendizaje basado en proyectos en una asignatura de robótica," *IEEE RITA*, vol. 3, no. 2, pp. 71-76, 2008.
- [6] A. Rosado, M. Bataller, J.F. Guerrero, "Aprendizaje por proyectos: una aproximación docente al diseño digital basado en VHDL," *IEEE RITA*, vol. 3, no. 2, pp. 87-95, 2008.
- [7] Video mostrando el proceso fotolitográfico, disponible en Youtube: <http://youtu.be/CSF8BjblWkQ>
- [8] Video mostrando el proceso de serigrafía, disponible en Youtube: <http://youtu.be/oFKvK1TiEjE>

TABLA I
PRESUPUESTO DE COMPONENTES

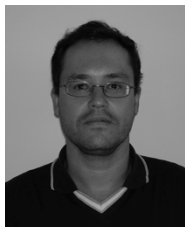
Descripción	Características del sistema electrónico asociado al PBL	
	Unidades (precio unitario)	Subtotal (€)
Display de 7 segmentos	3 (0,52)	1,56
Resistencia NTC 47k	1 (0,26)	0,26
74HC595	1 (0,17)	0,17
Pulsador mini	3 (0,11)	0,33
Zócalos	3 (0,2)	0,6
Resistencias 1/4w	16 (0,01)	0,16
Opamp bajo voltaje	1 (0,08)	0,08
Diodos 1n4148	3 (0,02)	0,06
Micro MSP430G2231	1 (1,13)	1,13
TOTAL		4,35



Manuel Perales es Ingeniero Industrial (1995) y Dr. Ingeniero Industrial (2002) por la Universidad de Sevilla. En 1996 ingresa como investigador en el Grupo de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla, y posteriormente en 1998 como docente en el Dpto. de Ingeniería Electrónica, donde continúa en la actualidad como Profesor Contratado Doctor.



Sergio Luis Toral (M'01–SM'06) es Ingeniero Industrial (1995) y Dr. Ingeniero Industrial (1999) por la Universidad de Sevilla. En 1995 ingresa como docente en el Dpto. de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla, donde continúa en la actualidad como Profesor Titular.



Federico Barrero (M'04–SM'05) es Ingeniero Industrial (1992) y Dr. Ingeniero Industrial (1998) por la Universidad de Sevilla. En 1992 ingresa como docente en el Dpto. de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Sevilla, donde continúa en la actualidad como Profesor Titular.



Mario J. Durán es Ingeniero Industrial (1999) y Dr. Ingeniero Industrial (2003) por la Universidad de Málaga. En 2003 ingresa como docente en el Dpto. de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla, y en 2007, en el Dpto. de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Málaga, donde continúa en la actualidad como Profesor Titular.

Curso Práctico de Sistemas Empotrados Basado en Placas de Desarrollo XUPV2P

Antonio García Moya y Angel Barriga Barros, *Member, IEEE*

Title—Practical Course of Embedded Systems based on XUPV2P Development Boards

Abstract—This paper describes a lab course about embedded systems on FPGA. The proposed practices cover the main features of the design process, which includes the hardware architecture design, and the embedded operating system configuration, adaptation and implementation.

Index Terms—Embedded systems, embedded Linux, FPGA, laboratories

I. INTRODUCCIÓN

EL objetivo de este artículo consiste en presentar un conjunto de prácticas orientadas al entrenamiento en los sistemas operativos empotrados. En concreto el trabajo se centra en el sistema operativo Linux para plataformas empotradas sobre FPGA basadas en el procesador MicroBlaze de Xilinx.

El auge de los sistemas empotrados y la complejidad funcional que desde el mercado se impone a estos sistemas requiere disponer de profesionales adiestrados en estas materias. Los sistemas empotrados se caracterizan por un fuerte acoplamiento entre el hardware y el software. Ello obliga a que los diseñadores, tanto del sistema empotrado en sí como de aplicaciones, deban aproximarse de manera conjunta tanto a los aspectos hardware como software. En concreto, dentro de los estudios de Informática relacionados con la Ingeniería de Computadores es necesario adquirir las competencias de [1]:

- Desarrollo de sistemas empotrados, así como diseño y optimización del software para dichos sistemas.
- Capacidad de análisis y evaluación para seleccionar las plataformas hardware y software más adecuadas para el soporte de aplicaciones empotradas y de tiempo real.
- Capacidad para analizar, evaluar, seleccionar y configurar plataformas hardware para el desarrollo y ejecución de aplicaciones y servicios informáticos.

Las prácticas que se describen en este trabajo pretenden cubrir parte de estas competencias. Para ello se aborda el desarrollo de la plataforma hardware del sistema empotrado mediante el uso de módulos IP (*Intellectual Property*). Dicha plataforma hardware se personalizará de acuerdo con las

especificaciones que se establezcan para el sistema. A continuación se desarrolla y personaliza el software de acuerdo con los requisitos impuestos por el hardware subyacente. Esto supone configurar los módulos del sistema operativo, compilar el *kernel* e implementar y programar el sistema empotrado.

El curso está basado en uno similar de Xilinx [2]. La motivación que ha dado lugar a este trabajo ha sido adaptar dicho curso a la placa de desarrollo XUPV2P (*Xilinx University Program Virtex-2 Pro*). Esta placa (Figura 1) fue desarrollada por Digilent Inc [3] en 2005 y ha sido la plataforma base de prácticas en muchas universidades del mundo.

Actualmente, debido al vertiginoso avance en las tecnologías y arquitecturas de FPGAs, el dispositivo Virtex-2 Pro está obsoleto y fuera de las líneas de fabricación de Xilinx. Desde la versión 10 de la herramienta ISE para el desarrollo sobre FPGAs de Xilinx dicho dispositivo no está soportado. Dicha versión fue sustituida en 2009 y actualmente se encuentra disponible la versión 14.

Ante esta situación la Virtex-2 Pro constituye una plataforma versátil, operativa y que contiene todos los elementos que permiten el entrenamiento con sistemas de alta complejidad y que, sin embargo, no tiene soporte por parte del fabricante. Este hecho ha motivado cubrir este vacío de manera que pueda aprovecharse al máximo la potencialidad de las placas de desarrollo que contamos en los departamentos universitarios. [4].

Este trabajo introduce los sistemas empotrados sobre FPGA tanto en los aspectos hardware (arquitecturas, plataforma hardware) como software (sistema operativo Linux empotrado). En la sección III se describirá la infraestructura necesaria para realizar las prácticas (placa de desarrollo XUPV2P, procesador MicroBlaze, herramientas de desarrollo EDK y el sistema operativo Petalinux). En la sección IV se considerará el contexto docente en el que se imparte el curso. Finalmente, en la sección V, se describirán brevemente las prácticas propuestas.

II. SISTEMAS EMPOTRADOS

A. Arquitectura de Sistemas Empotrados

Un sistema empotrado o embebido (*embedded system*) puede definirse como un sistema computador de propósito especial integrado en un sistema de ingeniería más general que realiza una o varias funciones específicas, en general,

Antonio García Moya es estudiante de la Universidad de Sevilla, España. (e-mail: antgarmoy@gmail.com). Ángel Barriga Barros pertenece al Departamento de Electrónica y Electromagnetismo de la Universidad de Sevilla, España (e-mail: barriga@us.es).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

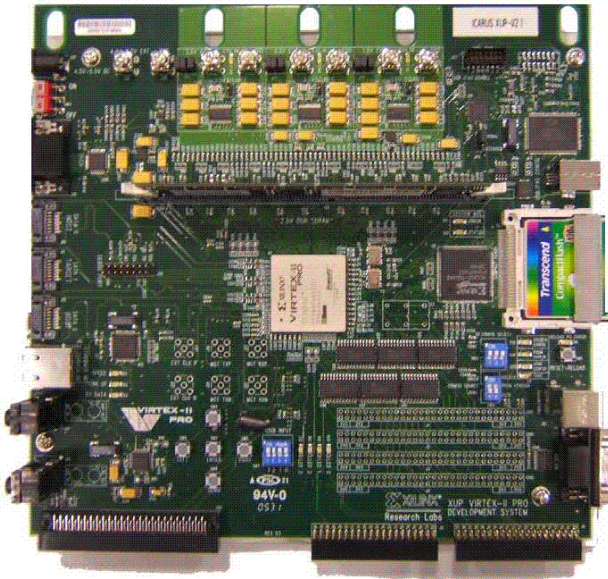


Figura 1.- Placa de desarrollo XUPV2P.

cumpliendo una serie de requisitos funcionales [5]. Muchos de estos sistemas están enfocados a realizar una única tarea o un conjunto muy limitado de tareas a las que en algunos casos se exige restricciones de funcionamiento en tiempo real, coste, tamaño, consumo, etc. Algunas características que suelen presentar estos sistemas son:

- **Concurrencia.** Los componentes del sistema deberán operar en paralelo.
- **Fiabilidad y seguridad.** El sistema debe ser fiable y seguro frente a errores. El manejo de estos errores puede realizarse vía hardware o software.
- **Interacción con dispositivos físicos.** Los sistemas empotrados interactúan con el entorno a través de dispositivos entrada/salida no usuales, por lo que suele ser necesario un acondicionamiento de las señales.
- **Robustez.** Al sistema empotrado se le impondrá la necesidad de la máxima robustez ya que las condiciones de uso no tienen por qué ser "buenas". Por ejemplo el sistema puede estar en el interior de un vehículo con diferentes condiciones de operación.
- **Consumo reducido.** En los sistemas basados en baterías la reducción del consumo implica una mayor autonomía de operación.
- **Dimensiones pequeñas.** Las dimensiones de un sistema empotrado no dependen sólo de sí mismo sino también del espacio disponible para su ubicación.

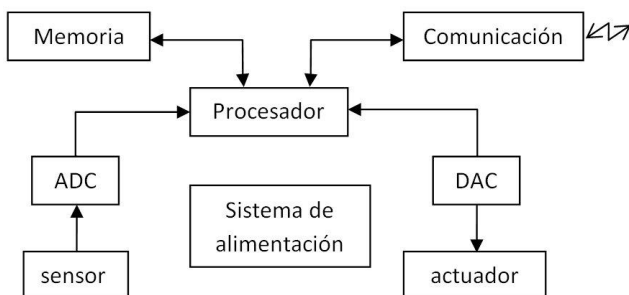


Figura 2.- Arquitectura de un sistema empotrado.

Básicamente la arquitectura de un sistema empotrado se basa en un elemento de procesamiento y elementos de adquisición de datos y comunicación. La Figura 2 ilustra dicho esquema.

La memoria almacena los programas y datos sobre los que se realiza el procesamiento. Este bloque suele ser uno de los factores limitantes en un sistema empotrado. Esto da lugar a una limitación en el almacenamiento de los datos y en el tamaño de las aplicaciones software. Otro aspecto que puede dar lugar a limitaciones es la propia gestión de la memoria. En muchos sistemas empotrados las restricciones de tamaño hacen que el elemento de procesamiento carezca de unidad de gestión de memoria (MMU, *Memory Management Unit*). Esto dificulta la gestión de memoria ya que dichos sistemas carecen de mecanismos de protección de memoria y carecen de memoria virtual [5].

El bloque de memoria puede estar constituido por diferentes tipos de memoria y requiere el uso de controladores específicos. Así es posible disponer de memoria interna on-chip y de memoria externa (ROM, DRAM o DDR, SRAM, memoria no volátil *flash*, etc) [6].

El bloque de comunicación conecta el sistema con el exterior. Es posible que existan diferentes mecanismos de comunicación en un mismo sistema (WiFi, Bluetooth, GSM, etc). El bloque de comunicación deberá implementar los protocolos necesarios, deberá contener las interfaces, sistemas de modulación, antena, conectores etc. Ejemplos de controladores necesarios son MAC Ethernet, controlador USB1.1/2.0/3.0, enlaces de alta velocidad tales como LVDS (*Low Voltage Differential Signaling*), etc.

La adquisición y generación de datos y señales provienen de sensores y actuadores que interactúan con el mundo externo. Dicha interacción requiere el acondicionamiento de señales adecuado en función del tipo de sensor/actuador.

El sistema empotrado dispone de un mecanismo de alimentación que suministra la energía necesaria para la operación del sistema. Dependiendo del tipo de sistema empotrado existen diferentes elementos de alimentación. En determinados sistemas (por ejemplo basado en batería o bien sistemas *batteryless*) el consumo de potencia es un factor limitante del sistema empotrado.

Finalmente, el elemento de procesamiento ejecuta las funciones de control y procesamiento del sistema empotrado. Normalmente se basa en un microcontrolador, microprocesador o en un DSP.

B. Linux Empotrado

En principio podría pensarse que Linux, al ser un sistema operativo que originariamente se diseñó para funcionar en equipos de sobremesa podría resultar inadecuado para sistemas empotrados pero realmente no es así. El núcleo de Linux presenta un alto nivel de granularidad y modularidad que hace que sea fácilmente configurable para trabajar sobre una gran variedad de hardware atendiendo a todo tipo de restricciones (de tamaño, de respuesta en tiempo real, consumo de potencia...). Su sistema de configuración permite elegir sólo aquellos elementos que sean necesarios para el sistema particular, por ejemplo para un sistema en el que no se necesiten funciones de red basta con deshabilitar estos componentes en la configuración del núcleo y

mantener el resto. En cualquier caso existen algunas diferencias esenciales entre el Linux usado en equipos de sobremesa, y el usado en sistemas empotrados entre las que cabe destacar, en primer lugar, la forma en que se configura el *kernel*. El sistema de archivos y los *drivers* son diferentes. Por ejemplo en un sistema empotrado puede ser necesario que el sistema de archivos sea de tipo *flash* (CRAMFS o JFFS2) y, por tanto, se necesita un *driver* de este tipo mientras que los sistemas ordinarios no requieren este tipo de controladores y sistema de archivos.

En segundo lugar, en los sistemas empotrados se presta gran atención a las herramientas que se necesitan para el desarrollo, depuración y compilación cruzada mientras que en los sistemas de propósito general (no empotrados) el foco se centra en ofrecer al usuario paquetes que faciliten sus tareas como procesadores de texto, gestores de correo electrónico o herramientas de desarrollo web.

Por último, en tercer lugar, los sistemas de ventanas e interfaces gráficas usados en ambos sistemas son completamente distintos. Por ejemplo el sistema X-Windows que se usa en Linux de sobremesa es totalmente inadecuado (debido a sus requisitos) para entornos empotrados.

III. PLATAFORMA DEL SISTEMA

A. Plataforma de Desarrollo Hardware&Software

El desarrollo de las prácticas requiere el empleo de una plataforma que permita combinar por una parte elementos y herramientas de diseño hardware y, por otra, herramientas de desarrollo y depuración software y de sistema operativo. La Figura 3 ilustra estos elementos que constituyen la plataforma de desarrollo del sistema. Dicha plataforma se basa en el entorno de Xilinx EDK [7]. En este caso el objetivo de diseño se enfoca hacia la placa de desarrollo Xilinx Virtex-II Pro (XUPV2P). Esto establece una limitación en la versión de la herramienta EDK que corresponde a la versión 10. Versiones posteriores no soportan el dispositivo Virtex II-Pro.

La interfaz de usuario XPS (*Xilinx Platform Studio*) del entorno Xilinx EDK permite definir y configurar la arquitectura hardware del sistema basada en el procesador MicroBlaze. Por otra parte, en base a esta arquitectura se configurará un núcleo de sistema operativo Linux (usando las herramientas SDK y el entorno de desarrollo de Petalinux) ajustado a las características del sistema y que permitirá, además, incorporar nuevas aplicaciones de usuario.

B. Petalinux

El sistema operativo es Petalinux, en concreto la versión Petalinux v0.40. Dicho sistema operativo da soporte a las aplicaciones y dispositivos de hardware y proporciona una base sólida y estable al sistema.

El entorno de desarrollo para un sistema empotrado basado en Linux requiere estar conformado por una serie de componentes tales como herramientas de compilación cruzada (*cross-compiler tool chain*), el *kernel* de Linux, software de GNU, depurador o bibliotecas de C. Se necesita agrupar todos estos elementos en un solo entorno de trabajo o *framework* que, además, tiene que configurarse para el

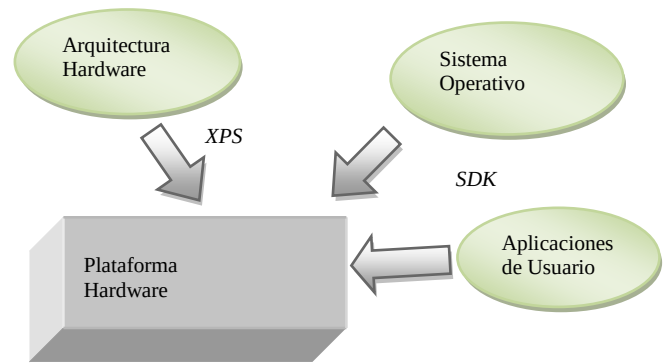


Figura 3.- Esquema de interacción de los elementos.

hardware concreto antes de que pueda usarse para crear programas para el dispositivo empotrado. Este proceso se complica aún más cuando se realiza sobre un dispositivo reconfigurable como una FPGA puesto que se necesita separar el entorno de desarrollo usado para el hardware del proceso de creación de software empotrado [8].

Petalinux integra todas estas características en un solo entorno de desarrollo que se integra con las herramientas de Xilinx EDK e ISE mediante la aplicación AutoConfig. Dicha utilidad simplifica la sincronización entre el hardware y el software.

Petalinux engloba una serie de herramientas (Linux SDK) específicas para el diseño *System-on-Chip* sobre FPGAs. Sus características principales son las siguientes:

- Software: código fuente del *kernel* de Linux completo, bibliotecas y utilidades para aplicaciones de usuario y construcción del sistema de archivos raíz.
- Hardware: modelos de referencia para FPGAs de Xilinx.
- Herramientas: generador BSP para captar automáticamente nuevas plataformas hardware, herramientas de compilación cruzada (gcc) que incluyen bibliotecas de C estándar, herramienta de depuración GDB, generadores de módulos, aplicaciones y estructura de directorios.

Una vez instalado, pueden observarse tres niveles principales dentro de la jerarquía de directorios de Petalinux: *tools*, *software* y *hardware*. El directorio *tools* contiene las herramientas de compilación de gcc y los *scripts* propios de Petalinux.

El directorio *software* contiene:

- *petalinux-dist*: es el entorno principal de construcción del sistema desde el que se invoca el *script* *menuconfig* para configurar las características de la imagen que se va a implantar en nuestro sistema.
- *uClinux-2.4.x*: árbol de ficheros relativo al núcleo de Linux 2.4.
- *linux-2.6.x-petalogix*: árbol de ficheros para el *kernel* 2.6
- Directorios contenedores de aplicaciones (*user-apps*) y módulos de usuario (*user-modules*).

El directorio *hardware* agrupa los proyectos de EDK y las herramientas de generación de AutoConfig BSP.

La Figura 4 muestra el flujo de diseño dentro del entorno SDK de Petalinux. La selección de la plataforma es el primer paso para la creación de una imagen del *kernel*

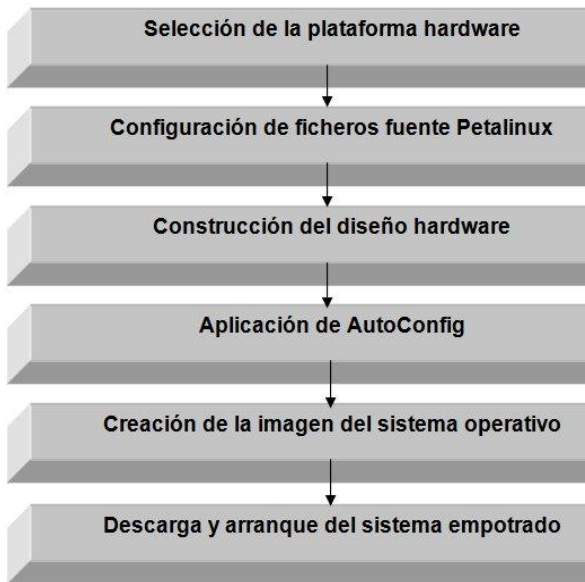


Figura 4.- Flujo SDK de Petalinux

personalizada para el diseño. Una configuración de la plataforma es, esencialmente, un conjunto de configuraciones del núcleo asociadas a la arquitectura de una plataforma determinada. Este proceso automatizado ahorra al usuario tener que configurar individualmente cada una de las características mencionadas.

En la fase de configuración de Petalinux se define la configuración completa de la plataforma, que puede dividirse en cuatro áreas: Opciones de proveedor y producto (*Vendor/Product Settings*), configuraciones y características del kernel (*Kernel Settings*), opciones configurables por el usuario (*Vendor/User Settings*) y opciones del sistema (*System Settings*). La Figura 5 muestra la apariencia de la aplicación AutoConfig.

PetaLinux está diseñado para completar el proceso de diseño de Xilinx EDK. Esto permite que los diseños creados desde EDK se puedan integrar fácilmente dentro de Petalinux. Una vez se ha definido la plataforma hardware es preciso generar una serie de parámetros software (del sistema operativo empotrado) basados en la configuración hardware. Petalinux incluye un paquete de soporte de plataformas (BSP) que se utiliza para activar el sistema operativo Linux y para dar soporte al entorno de trabajo de AutoConfig.

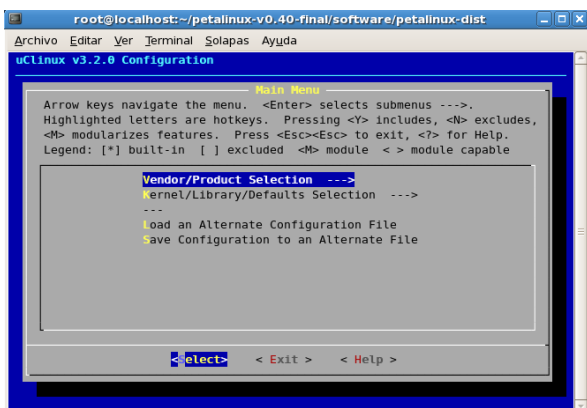


Figura 5.- Menú principal de la aplicación AutoConfig

La aplicación AutoConfig de Petalinux permite propagar la configuración del hardware de la plataforma a la configuración del kernel de Linux y al *bootloader*. Para ello se incluyen una serie de parámetros en el archivo de especificación del microprocesador (*system.mss*). La Figura 6 muestra un ejemplo de archivo *system.mss*.

La creación de la imagen del sistema operativo es el proceso que más tiempo consume dentro del flujo de diseño. Durante este proceso se crean los archivos que componen el núcleo del sistema operativo y todos aquellos necesarios para el arranque y funcionamiento del sistema. Los mensajes de creación de archivos, de compilación y de configuración van siendo mostrados en la consola mientras dura el proceso.

Una vez generada la imagen del sistema operativo el siguiente paso consiste en descargarla en la plataforma hardware y arrancar el sistema. Existen diferentes formas de realizar este proceso en función de las características de la plataforma. En el transcurso de las prácticas se emplean algunas de ellas. En concreto, a través de la consola XMD (que se conecta con el procesador mediante la interfaz JTAG) y a través de la herramienta de Petalinux denominada *petalinux-jtag-boot*.

C. Entorno de Trabajo

El curso práctico de desarrollo de aplicaciones de Petalinux sobre FPGA de Xilinx Virtex II-Pro utiliza la distribución de Linux CentOS 5. El sistema operativo CentOS (*Community ENTERprise Operating System*) es un clon a nivel binario de la distribución Linux Red Hat Enterprise Linux RHEL, compilado por voluntarios a partir del código fuente liberado por Red Hat. Se trata de un sistema operativo de libre distribución que puede obtenerse desde su sitio web [9].

El entorno de trabajo se basa, por lo tanto, en ordenadores personales bajo el sistema operativo Linux CentOS 5. Al configurar dicho entorno se requieren las herramientas de compilación de GNU C/C++ gcc. En dicho entorno se dispone de las instalaciones de la versión Xilinx EDK 10.1 y la versión de Petalinux 0.40. También se requiere de una herramienta que permita disponer de un hiperterminal que sirva de consola del sistema. En nuestro caso se ha optado por emplear Kermit.

IV. CONTEXTO DOCENTE

```

BEGIN OS
PARAMETER OS_NAME = petalinux
PARAMETER OS_VER = 1.00.b
PARAMETER PROC_INSTANCE = microblaze_0
PARAMETER stdout = RS232_Uart
PARAMETER stdin = RS232_Uart
PARAMETER main_memory = plb_ddr_0
PARAMETER main_memory_bank = 0
PARAMETER main_memory_size = 0x04000000
PARAMETER flash_memory = opb_emc_0
PARAMETER flash_memory_bank = 1
PARAMETER lmb_memory = lmb_bram_if_cntlr_1
  
```

Figura 6.- Fichero *system.mss*

El objetivo de este trabajo es describir un curso práctico que ilustre y cubra los aspectos fundamentales del proceso de diseño e implementación de un sistema empotrado basado en la arquitectura Microblaze, haciendo uso de Linux empotrado como sistema operativo para dar soporte a las diferentes necesidades del sistema. Como paso previo a la descripción del curso práctico es necesario establecer los condicionantes docentes así como la metodología.

El curso se enmarca en titulaciones de grado en el ámbito de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). Como requisito previo es necesario que los estudiantes hayan adquirido un conjunto de conocimientos y competencias previas:

- Programación en lenguajes C o C++
- Conocimientos básicos de sistemas operativos
- Conocimientos sobre arquitectura de ordenadores
- Diseño de sistemas empotrados *standalone*

Los dos primeros prerrequisitos son necesarios ya que el curso se enfoca en el diseño e implementación de sistemas operativos sobre sistemas empotrados y el desarrollo de aplicaciones empotradas. En concreto el sistema operativo es Linux y las aplicaciones se desarrollan en los lenguajes de programación C o C++.

Por otro lado los sistemas empotrados se basan en el procesador MicroBlaze de Xilinx. Se trata procesador RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) que está optimizado para implementaciones sobre FPGAs de Xilinx. Tiene una arquitectura Harvard (buses separados de instrucciones y datos) de 32 bits. Las arquitecturas hardware del sistema requieren el uso de módulos IP tales como puertos serie y paralelo, controladores de memoria, controladores de interrupciones, *timers*, etc.

Al tratarse de un curso avanzado sobre diseño de sistemas empotrados es necesario que los estudiantes hayan adquirido cierta destreza en el desarrollo de dichos sistemas. En concreto en el uso de las herramientas de Xilinx ISE y EDK para el diseño de sistemas *standalone* basados en MicroBlaze. A tal efecto se ha incluido dentro del curso una práctica de introducción a dichas herramientas. En estos sistemas el control es realizado por una aplicación software centrada en la realización de una única tarea (o un conjunto reducido de tareas). Sin embargo para ciertas aplicaciones surge la necesidad de disponer de un sistema multitarea y, por lo tanto, de un sistema operativo que gestione los recursos hardware, planifique la ejecución de procesos y proporcione servicios a las aplicaciones.

El sistema de prácticas está organizado en 6 sesiones de dos horas de duración cada una. El alumno recibe para cada sesión el boletín que describe la práctica correspondiente. La estructura de dicho boletín está organizada en 5 apartados:

- 1) Introducción: describe brevemente la práctica que se va realizar.
- 2) Objetivos: en este apartado se detallan los objetivos de aprendizaje.
- 3) Vista general: es un diagrama de flujo de las actividades a realizar en la sesión (Figura 7).

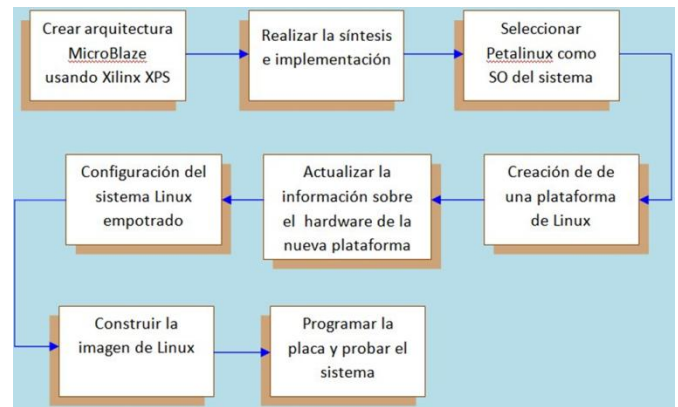


Figura 7.- Ejemplo de la vista general de una de las prácticas

- 4) Desarrollo: describe las instrucciones paso a paso para la realización de la práctica.
- 5) Resumen: resumen detallado de los conocimientos adquiridos.

V. DESCRIPCIÓN DE LAS PRÁCTICAS

El curso se basa en la realización de una serie de prácticas que abarcan los aspectos fundamentales del proceso de diseño e implementación de un sistema empotrado. Los aspectos que se han considerado son los siguientes:

- Definición, diseño y configuración de una plataforma hardware.
- Creación de una imagen del sistema operativo (Linux) a medida para la plataforma.
- Desarrollo y depuración de aplicaciones de usuario.
- Cambios de configuración del *kernel* para permitir nuevas funcionalidades.
- Integración con periféricos de terceros.

La Figura 8 muestra la organización de las prácticas. A continuación se describen brevemente cada una de dichas prácticas.

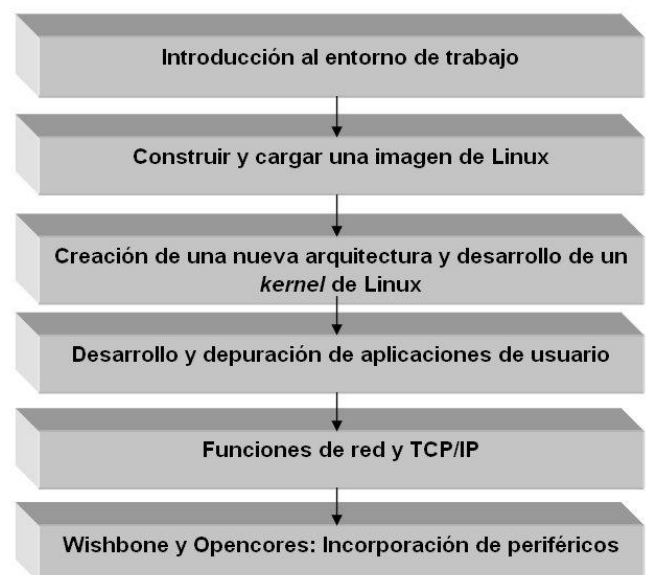


Figura 8.- Estructura de las prácticas.

A. Lab 0: Introducción al Entorno de Trabajo.

El objetivo de esta práctica es que el alumno se familiarice con el entorno Linux en el que se desarrolla este curso, con la herramienta de desarrollo Xilinx EDK y con la placa de desarrollo en la cual se encuentra la FPGA Virtex-II Pro con el que se trabaja en este curso.

Tras la realización de esta práctica el alumno debe haberse familiarizado con la utilización del asistente BSB (*Base System Builder wizard*) para diseñar una arquitectura basada en el microprocesador MicroBlaze, así como la revisión y modificación de un proyecto. También habrá generado un archivo de *bitstream* para programar la FPGA incluyendo la aplicación software correspondiente. Una vez programada la placa de desarrollo se realizará la conexión tipo hiperterminal usando Kermit para interactuar con el circuito y probar su funcionalidad.

B. Lab 1: Construcción y Descarga de una Imagen de Linux

En esta práctica los estudiantes van a utilizar las funciones básicas necesarias para trabajar con Linux empotrado: construir y cargar el sistema operativo y las aplicaciones. Las aplicaciones y sistemas operativos para sistemas empotrados basados en Linux, como los desarrollados para arquitecturas basadas en MicroBlaze, se desarrollan en lo que se llama un entorno de compilación cruzado. Esto significa que dichas aplicaciones y el *kernel* del sistema operativo se compilan en un equipo de desarrollo (un PC con sistema operativo Linux denominado *host*) diferente del equipo en que se ejecuta (denominado *objetivo* o *target*).

La distribución estándar de uClinux contiene una serie de herramientas y opciones de configuración que automatizan la mayor parte del proceso descrito anteriormente.

Por lo tanto tras la realización de esta práctica el alumno debe haber adquirido los conocimientos necesarios sobre el uso y manejo de las herramientas de uClinux (Petalinux) para crear el *kernel* y las aplicaciones de usuario básicas de un sistema Linux. Ello le permitirá crear una imagen de Linux y descargar esa imagen en la plataforma hardware. Finalmente se comprobará el funcionamiento del sistema.

C. Lab 2: Creación de una Nueva Arquitectura y Desarrollo de un Kernel de Linux

En esta práctica se van a combinar y profundizar los conceptos adquiridos en las sesiones anteriores. Por una parte se va a desarrollar una nueva arquitectura hardware basada en MicroBlaze y por otro lado se construirá y configurará una plataforma de Linux empotrado a medida para la nueva arquitectura hardware.

Se busca fijar conceptos recurrentes en el diseño de los sistemas empotrados. Para ello se repasan y practican tareas de creación y modificación de la arquitectura hardware con el uso de la herramienta BSB, se crea una nueva plataforma de Linux empotrado utilizando las herramientas proporcionadas por Petalinux y se realiza la programación y arranque del nuevo sistema Linux empotrado basado en MicroBlaze.

D. Lab 3: Desarrollo y Depuración de Aplicaciones de Usuario

En las prácticas anteriores se ha mostrado como configurar y construir un sistema Linux empotrado de propósito general. La distribución estándar de Linux empotrado contiene una gran cantidad de aplicaciones y utilidades, sin embargo en determinadas situaciones es necesario crear nuevos programas específicos e incluirlos en la imagen para descargar en la plataforma hardware.

Linux empotrado permite escribir aplicaciones de usuario y posteriormente incluirlas en el sistema de archivos que conforma la imagen de Linux empotrado. En la mayoría de los casos estas aplicaciones se programan en el equipo de desarrollo (y no en el sistema empotrado en sí), por ello es necesaria una compilación cruzada. Petalinux proporciona herramientas para compilar de forma cruzada y depurar las aplicaciones empotradas en el equipo de desarrollo. GDB es un depurador de software GNU que funciona en multitud de sistemas Unix y que permite depurar remotamente las aplicaciones incluidas en la plataforma empotrada.

Como resultado de aprendizaje de esta práctica el alumno creará una aplicación de usuario sencilla (se trata del típico programa “Hola mundo”) usando las herramientas de Petalinux. De esta manera se recorre el procedimiento de compilación y de agregación de dicho programa en la imagen del sistema. También se practica la depuración de aplicaciones mediante la utilidad GDB.

E. Lab 4: Funciones de Red y TCP/IP

En esta práctica se utilizan diferentes funciones de red del sistema Linux empotrado. Con ello se muestra al alumno su utilidad a la hora de desarrollar y testear aplicaciones. Además se construirá una sencilla aplicación web que permitirá controlar algunos de los dispositivos físicos de entrada/salida de la placa de desarrollo.

Entre las actividades de utilización de las funciones de red en la práctica se propone acceder al sistema empotrado mediante Telnet y se realiza transferencia de ficheros usando FTP (*File Transfer Protocol*). También se plantea montar el sistema de archivos desde el equipo de desarrollo al sistema empotrado usando NFS (*Network File System*) así como la utilidad para ejecutar y probar aplicaciones Linux directamente sobre NFS sin necesidad actualizar y re-arrancar el sistema Linux de Microblaze con una nueva imagen.

La última parte de la práctica consiste en probar un servidor web empotrado. Para ello se construye una sencilla página HTML estática que permite encender y apagar diodos LED de la placa de desarrollo (Figura 9). De esta manera se muestra un mecanismo de control del hardware de manera remota.



Figura 9.- Aplicación web de control de la placa de desarrollo.

F. Lab 5: Wishbone y Opencores: Inclusión de Periféricos

Hasta ahora se ha trabajado siempre con la misma arquitectura hardware en la plataforma. Sin embargo, uno de los aspectos más interesantes y que constituye el núcleo de la versatilidad del diseño sobre FPGAs es la posibilidad de diseñar e incorporar nuevos periféricos a una arquitectura para incrementar la funcionalidad o introducir nuevas características a un diseño determinado. Por ello uno de los objetivos de la práctica es comprender el uso de módulos IP para ampliar la funcionalidad de una plataforma hardware

En esta práctica los estudiantes crearán un nuevo proyecto hardware basado en la arquitectura de referencia empleada en las prácticas anteriores. En este nuevo proyecto se agregarán dos módulos IP prediseñados: PLB2WishBone_bus_bridge (interfaz con el bus WishBone) y WishBone_simple_GPIO (un controlador de entrada/salida) con el que se controlarán los diodos LEDs de la placa de desarrollo tal y como muestra la Figura 10.

El bus WishBone es un bus de código abierto estándar diseñado con el objeto de interconectar diferentes elementos dentro de un mismo chip. Este bus es el que utilizan muchos de los diseños disponibles en OpenCores [10].

VI. CONCLUSIONES

Se ha elaborado un curso dividido en 6 sesiones prácticas que abarca (con dificultad creciente) los procesos básicos de desarrollo de sistemas empotrados sobre FPGA. Para ello se ha desarrollado un protocolo de adaptación del entorno de trabajo para adecuarlo a las características del curso práctico que incluye desde la instalación del sistema operativo a la creación de un modelo predefinido de *kernel* de Linux para la plataforma de desarrollo (Virtex2-Pro-XUPV2P) pasando por otros procesos necesarios como la instalación de las herramientas Xilinx, instalación de Petalinux y adecuación del entorno “*host*” de desarrollo mediante *scripts* de configuración.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido soportado en parte por la Unión Europea bajo el proyecto FP7-IST-248858, por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España bajo el proyecto TEC2011-24319 y por la Junta de Andalucía bajo el proyecto P08-TIC-03674. Cofinanciación con fondos Feder.

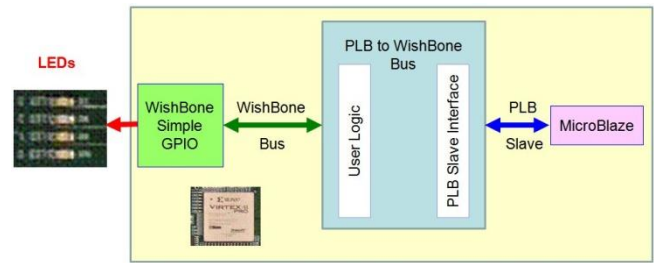


Figura 10.- Inclusión de nuevos periféricos y conexión al bus PLB.

REFERENCIAS

- [1] Memoria de Verificación del Título de Graduado en Ingeniería Informática en Ingeniería de Computadores por la Universidad de Sevilla, BOE de 4 de agosto de 2009.
- [2] PetaLogix/XUP Professors' Workshop: "Embedded Linux for the Xilinx MicroBlaze Soft Processor", PetaLogix Qld Pty Ltd., 2008.
- [3] <http://www.digilentinc.com/>, Julio de 2012.
- [4] A. García Moya, A. Barriga Barros: "Prácticas de Laboratorio de Linux Empotrado sobre Placas de Desarrollo XUPV2P", X Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica (TAAE'2012), Vigo, Junio 2012.
- [5] P. Radhavan, A. Lad, S. Neelakandan: "Embedded Linux System – Design and Development", Auerbach Pub. 2006.
- [6] Y-L. S. Lin, editor: "Essential Issues in SOC Design. Designing Complex Systems-on-Chip" Springer, 2006.
- [7] Embedded System Tools Reference Manual. Embedded Development Kit. EDK 10.1 SP3, Xilinx, 2008
- [8] <http://www.petalogix.com/>, Julio de 2012.
- [9] <http://www.centos.org/>, Julio de 2012.
- [10] <http://www.opencores.org/>, Julio de 2012.



Antonio García Moya es estudiante de último curso de Ingeniería Informática en la Universidad de Sevilla. Realizó su Proyecto de Fin de Carrera en 2011 en el Departamento de Electrónica y Electromagnetismo de la Universidad de Sevilla. Actualmente desarrolla su labor profesional en el ámbito de la empresa privada. Su interés investigador se enfoca hacia los sistemas empotrados y el diseño de arquitecturas y aplicaciones sobre FPGAs.



Angel Barriga Barros (M'09) es catedrático de la Universidad de Sevilla. Obtuvo el título de Licenciado en Física por la Universidad de Sevilla (España) en 1984 y los grados M.S. y PhD por dicha Universidad en 1986 y 1989 respectivamente. Desde 1984 está adscrito al Departamento de Electrónica y Electromagnetismo de la Universidad de Sevilla.

Actualmente también está adscrito al Instituto de Microelectrónica de Sevilla (Centro Nacional de Microelectrónica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas) en el que es responsable del grupo de investigación "Diseño Digital y de Señal Mixta". Miembro de IEEE Computational Intelligence Society (CIS) y European Society Fuzzy Logic and Technology (EUSFLAT). Su interés investigador se centra en áreas relacionadas con las metodologías de diseño de circuitos integrados VLSI y, en particular, el diseño de circuitos digitales CMOS, implementación digital de sistemas neuro-fuzzy y herramientas de CAD para el desarrollo de sistemas basados en lógica fuzzy. Es autor de aproximadamente unas doscientas publicaciones en libros, revistas y congresos. Ha participado en numerosos proyectos de investigación (nacionales y europeos) así como en contratos de desarrollo industrial.

Página en Blanco

Plataforma Robótica Didáctica de Bajo Coste Basada en la Arquitectura Software Player/Stage y en el Hardware de La Fonera

Guillermo Asín Prieto y Julio Pastor Mendoza, *Member, IEEE*

Title— Low cost robotic platform based on the Player/Stage software architecture and La Fonera hardware.

Abstract— This paper presents a low-cost proposal for the development of a remote laboratory, offering the possibility of providing learning in the field of robotics for users with no need to be physically in the laboratory, or simply not having to take the robotic platform to reprogram it, also giving the option of working with the same platform to a group of users to test their algorithms by turns.

The system is based on a Wi-Fi router updated with a Linux firmware, connected to a control board that manages the hardware of a mobile robot. The microprocessor has been also loaded with the Player Server environment, widely used in commercial robotic platforms for research.

Index Terms— La Fonera, low cost, Player/Stage ,remote laboratory, robot

I. INTRODUCCIÓN

EN la Universidad de Alcalá se trabaja desde hace varios años en investigación con los robots de Pioneer [1] de MobileRobots [2] en conjunción con el software de desarrollo y simulación Player/Stage [3][4][5], que además de presentar una interfaz estándar de comunicación con el robot, incorpora un simulador (Stage). Este software se ejecuta en un PC adosado al robot con sistema operativo Linux. Pioneer pertenece a una familia de robots móviles, orientados a ser plataformas robóticas para investigación con un coste relativamente elevado no estando al alcance de todas las personas que quieran utilizarlos.

El gran uso de esta plataforma robótica por la comunidad científica la ha convertido en una plataforma que se utiliza para comparar prestaciones de algoritmos de posicionamiento y control y existen diferentes aplicaciones de software abierto o comerciales que han desarrollado drivers para hacerlos compatibles. Un ejemplo de esto es la plataforma Player/Stage.

Para utilizar la plataforma Player/Stage con los robots Pioneer, se suele añadir al robot un PC empotrado ejecutando el Player sobre Linux conectado al robot mediante un cable serie intercambiando información utilizando el protocolo Advanced Robotics Control and

Operations (ARCOS) [1] establecido por MobileRobots en sus sistemas.

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

En el proyecto que se presenta en este artículo se ha desarrollado una plataforma robótica de bajo coste con el robot Cyborg/DepecaBot del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá que implementa el protocolo ARCOS como elemento de comunicación con el exterior. Como plataforma de comunicación y control de alto nivel se ha utilizado el entorno Player/Stage implementado, en vez de sobre un PC empotrado de altas prestaciones, sobre un punto de acceso Wi-Fi “La Fonera” [6] [7] con OpenWRT (distribución de Linux para sistemas empotrados, disponible para muchas plataformas, routers).

Además de utilizar Player para leer información de los sensores reflexivos del robot, se ha desarrollado un modelo para prueba y simulación de algoritmos del sistema en Stage.

Todo ello se completa con el desarrollo de una interfaz web que elimina la dependencia del sistema operativo del usuario, al ofrecer un entorno para la compilación y carga de programas en la plataforma robótica de manera remota. Esta interfaz permite la monitorización de los sensores reflexivos

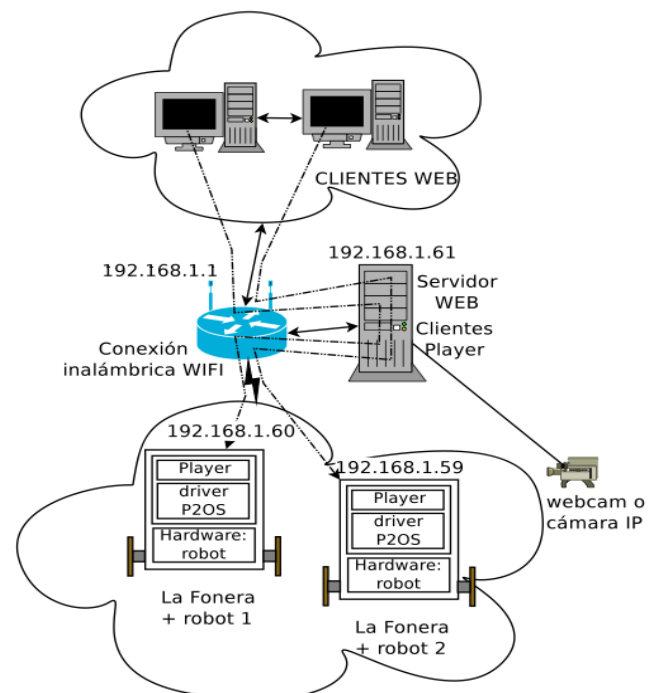


Figura 1. Diagrama general del sistema

Guillermo Asín Prieto y Julio Pastor Mendoza realizaron el trabajo en el Departamento de Electrónica. Universidad de Alcalá. Edificio Politécnico, Campus Universitario S/N, 28871, Alcalá de Henares, Madrid, Spain. (email: guillermo.asin.prieto@gmail.com, email: julio.pastor@uah.es)

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

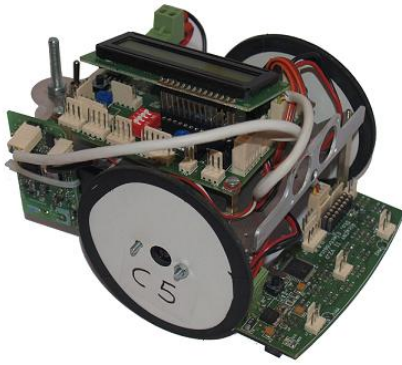


Figura 2. Robot Cyborg

en un ejemplo de programa de usuario, así como el control de manera remota por medio de cursores en pantalla del movimiento del robot, todo ello monitorizado desde una cámara que presenta en tiempo real el movimiento de la plataforma.

La plataforma desarrollada se puede utilizar, además de para asignaturas relacionadas con la robótica, como un ejemplo de integración de sistemas operativos y aplicaciones de alto nivel en hardware específico como en este caso es un router o punto de acceso y su interconexión con aplicaciones de control mediante microcontroladores de bajo coste.

El objetivo de este trabajo es por tanto el de ofrecer la posibilidad de tener un entorno de desarrollo robótico independiente de la máquina y sistema operativo utilizados por el usuario, y favoreciendo una deslocalización, para su uso como laboratorio remoto.

III. ARQUITECTURA HARDWARE

A. Diagrama de Bloques

En la Figura 1 se muestra un esquema general del sistema con varios robots, cada uno con un sistema Linux sobre el que corre el Player Server, un router que gestiona las comunicaciones Wi-Fi, los ordenadores remotos que

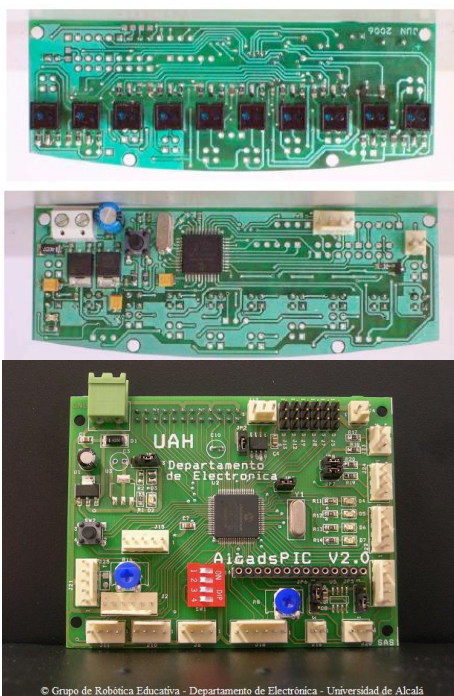


Figura 3. Tarjetas electrónicas. De arriba a abajo: AlcaCny II (caras superior e inferior) y AlcaDspic.



Figura 4. Plataforma completa

ejecutan clientes HTML donde permite controlar parámetros del robot y cargar nuevos programas y un ordenador principal que ejecuta un servidor web que sirve a los clientes remotos y que presenta las aplicaciones necesarias para recibir de los clientes el código a ejecutar y lo carga en los robots. El sistema permite tanto la posibilidad de la simulación como de la prueba sobre hardware real. El objetivo como se ha comentado es el de realizar un laboratorio remoto, en el que pueda practicarse la programación de robots con lenguaje de alto nivel a través de una interfaz que permita abstraerse del sistema operativo.

B. Plataforma Cyborg/DepecaBot

La plataforma Cyborg/DepecaBot (Figura 2) consiste en una pequeña plataforma robótica móvil de bajo coste de tamaño 16 x 11,5 x 9,5 cm, montada sobre una estructura de aluminio, con tracción diferencial con dos ruedas, movidas por un servomotor trucado y situadas diametralmente opuestas en un eje perpendicular a la dirección del robot. Además tiene un apoyo en la parte trasera para mantener la horizontal en todo momento y evitar cabeceos al cambiar de dirección.

En cuanto a la electrónica, el robot esta formado por dos tarjetas diseñadas en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá, visibles en la Figura 3.

- La tarjeta AlcaDspic es parte central del sistema de control, cuyo nombre se debe a que el procesador central es un microcontrolador de la familia dsPIC de Microchip. [8][9]
- La tarjeta AlcaCnyII que posee diez sensores reflexivos y que envía la información captada por estos mediante I2C a la tarjeta principal.

El control de los dos servomotores que mueven las ruedas se realiza utilizando señales PWM generadas por el microcontrolador central. Todas las tarjetas que forman el robot, así como los servomotores, están alimentados mediante una batería de Litio-Polímero de 7,4 V.

C. Punto de acceso Wi-Fi "La Fonera"

La Fonera tiene su origen en la empresa FON con la idea de compartir Wi-Fi y hacer una red social. FON es una iniciativa empresarial de Martín Varsavsky surgida en el año 2005 con el objetivo de fundar una comunidad Wi-Fi global, que permite a sus usuarios la conexión gratuita a los puntos de acceso de otros usuarios, repartidos por todo el mundo, a la vez que brinda acceso de pago a terceros mediante un sistema en el que las ganancias se reparten

entre la compañía y el usuario que presta su conexión [7]. Para ello, comenzó proveyendo routers Linksys WRT54G/GL y Buffalo AirStation G54 con un firmware basado en OpenWRT modificado; en Octubre de 2006 empezó con la distribución de La Fonera, un “Access Point” con su hardware basado en los routers que comenzó distribuyendo, y por tanto compatible con el firmware.

Si bien hay varias revisiones y actualizaciones de La Fonera, a continuación se comentan las versiones 2100/2200, que han sido las utilizadas en este trabajo. Cabe mencionar que siendo la versión más básica de La Fonera, es probable que pueda ser aplicable sin cambios importantes a versiones más avanzadas (La Fonera +, La Fonera 2.0, La Fonera 2.0n).

La Fonera incorpora un firmware basado en Linux, concretamente, una modificación personalizada para FON de OpenWrt [10]. Existen dos distribuciones “libres” (no personalizadas) que son OpenWrt y DD-WRT [11]; en este proyecto se ha optado por usar OpenWrt por ser la más extendida y por tanto haber más documentación en la red. También incorpora un sistema muy sencillo para la compilación de firmwares personalizados. La versión elegida es la “Kamikaze” 8.09.2 por ser la última versión existente en el momento en que se comenzó el trabajo.

El Linux de La Fonera es un Linux normal, pero sin entorno gráfico. Por ello, para poder acceder a él, se ha de hacer a través de un terminal de comandos, y para hacerlo, pueden utilizarse dos canales: vía puerto serie, vía red. El acceso a través del puerto serie requiere únicamente un programa de terminal (como por ejemplo “putty”), y una conexión a la UART de La Fonera, con la única limitación a tener en cuenta de que la conexión deberá tener la correspondiente conversión de niveles de tensión si fuese necesario (la UART de La Fonera utiliza niveles TTL). Por su parte, el acceso a través de red, bien puede realizarse por Ethernet (con cable de red cruzado), bien por Wi-Fi.

El espacio disponible en La Fonera es de 8 Megabytes, aunque el firmware original de la misma sólo permite el uso de 4 MB. La razón probablemente sea que debido a que hay algunas de la versión 2100 que sólo disponen de 4 MB, es más cómodo tratarlas a todas como la versión más limitada. Es por ello que se parte de la premisa de que sólo hay disponibles 4 MB de ROM para dar soporte a Las Foneras con sólo 4 MB y no 8MB.

D. Arquitectura Hardware del robot

La plataforma completa está formada por la base del robot Cyborg/DepecaBot unido a La Fonera por una comunicación serie. En la Figura 4 se muestra la apariencia

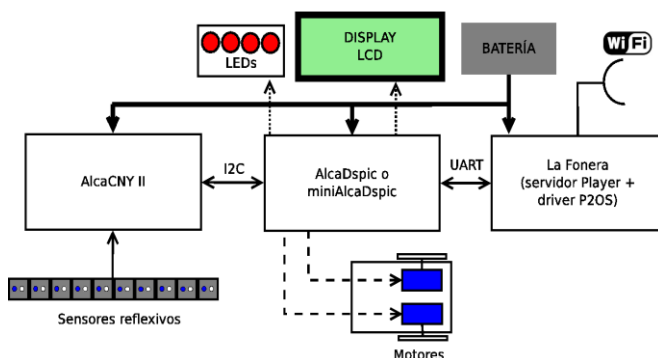


Figura 5. Diagrama de bloques de la Arquitectura Hardware

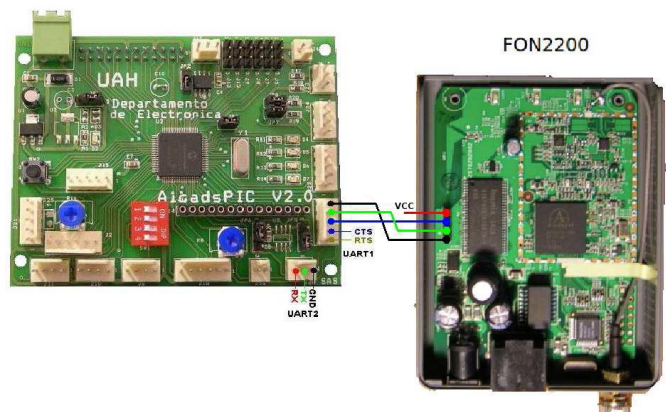


Figura 6. Detalle de la interconexión AlcaDspic –La Fonera

final del robot, en la Figura 5 el diagrama de bloques del sistema completo y en la Figura 6 el detalle de la unión entre La Fonera y la tarjeta de control del robot.

IV. PLAYER/STAGE

A. Descripción del Software

Player es un servidor en red, que permite controlar los dispositivos de un robot y obtener información de sus sensores. Funciona como una capa de abstracción del hardware, es decir, permite operar con multitud de robots (incluso otras máquinas, si están soportadas en su extensa biblioteca de drivers) sin preocuparse del hardware específico de los mismos. La arquitectura utilizada está basada en sockets TCP/IP, de tal manera que por una parte se tiene el propio servidor de Player corriendo en la máquina conectada al robot, y por otra se tiene el cliente que se comunica con el mismo para la obtención y/o envío de datos de y hacia el robot, para su operación. Para comunicarse como cliente con el servidor Player, pueden usarse las aplicaciones que a tal efecto es posible instalar en el momento de instalación de las bibliotecas y del servidor; así como las propias bibliotecas en diversos lenguajes: C, C++, Java, Python, etc.

Stage es un simulador de robots móviles con visualización en 2'5D (2'5 dimensiones), es decir, en un modo de presentación que podría denominarse pseudo-3D: es un 2D, pero con altura, dándole una tercera dimensión ficticia, en la que no hay formas, que se usa en conjunción con Player. Permite la simulación de los programas clientes realizados por el usuario, antes de ser probados en hardware real, lo cuál facilita y agiliza el trabajo. Es tremendamente personalizable, permitiendo realizar modelos del robot que va a utilizarse, si es que no existen ya, incluyendo no sólo modelos de los sensores, sino distancias reales a escala, obstáculos móviles, fijos, etc.

B. Simulación con Stage

En el proyecto, además de instalar el Player en la plataforma robótica Cyborg/DepecaBot/La Fonera, se implementó una simulación de la misma utilizando el simulador Stage simulando un robot rastreador. Para ello se implementó un modelo de robot “dpkbot”, así como las definiciones de “suelo” y “reborde”. En el archivo .world se definen características tanto para los elementos de la simulación, como para la propia ventana que alberga la simulación.

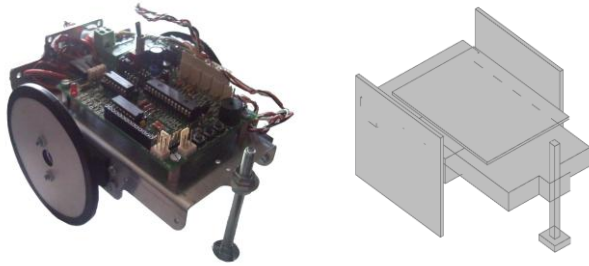


Figura 7. Robot real y modelo en Stage

Cada uno de los diez sensores reflexivos del robot siguelíneas se simula con el modelo de Stage de un sensor de distancia y el suelo se simula por una superficie con relieve donde todo aquello que no es blanco se le da una altura mínima. Midiendo la información de los sensores de distancia se detecta si están encima de una línea negra o no en función de la distancia que miden.

En la Figura 7 se muestra el robot real y su modelo en Stage. En la Figura 8 se aprecia el detalle de la implementación de los sensores en el modelo y en la Figura 9 se presenta un ejemplo de pista por donde el robot se va a mover y que se obtiene de una imagen en blanco y negro.

V. ARQUITECTURA DEL SISTEMA COMPLETO

El sistema se compone, como puede observarse en el diagrama de bloques de la Figura 10 de las siguientes partes:

- Clientes web, desde los que los usuarios, a través del navegador de Internet, suben y compilan sus programas clientes.
- Router con conexión inalámbrica.
- PC con sistema operativo Linux, que hace las veces de servidor web, y de cliente Player.
- Webcam o cámara IP para el visionado de la plataforma robótica en tiempo real.
- Plataformas robóticas en sí, compuestas por la conjunción de La Fonera y Cyborg conectados por puerto serie.

La Fonera incorpora una distribución de Linux orientada a dispositivos empotrados, OpenWRT y sobre este Linux, corre el servidor de Player, utilizando el driver p2os que implementa el protocolo ARCOS sobre RS232 que utiliza para intercambiar información con el hardware del robot (plataforma Cyborg/DepecaBot).

VI. EJEMPLO DE APLICACIÓN

A continuación se presentan un ejemplo de aplicación del sistema consistente en la realización del código de un robot siguelíneas que es primeramente simulado con el Stage y posteriormente ejecutado en el robot real. Debido a que el robot Cyborg/DepecaBot con los diez sensores de infrarrojos, emula el comportamiento de un robot Pioneer

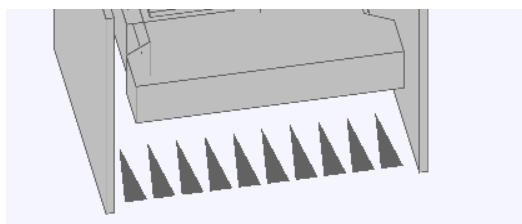


Figura 8. Detalle del modelo de Stage de los sensores del robot

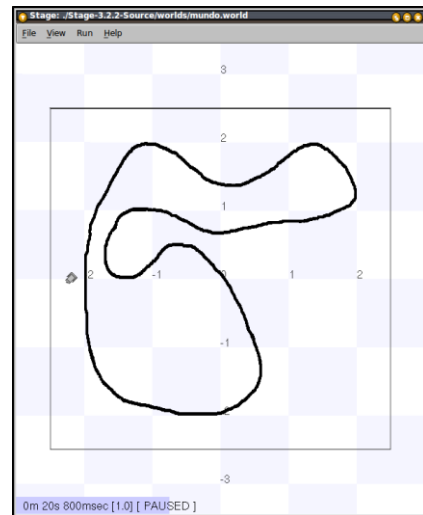


Figura 9. Entorno de simulación

con sus sensores de ultrasonidos, el mismo código se puede implementar, con pequeñas modificaciones, para que un robot Pioneer siga a un objeto que tiene delante.

A. Estructura del Programa del Robot Siguelíneas

En la Figura 11 se muestra el diagrama de bloques de una posible implementación del programa del siguelíneas como cliente del Player Server que se ejecuta en La Fonera. Los bloques de inicio y final son comunes a todas las aplicaciones siendo necesario cambiar sólo el bucle principal.

B. Entorno de Carga y Monitorización Remota

El acceso remoto a los robots se realiza mediante una página web. Para facilitar el acercamiento al sistema, se ha realizado esta interfaz más amigable, que permite la compilación y prueba de los programas que se quieran subir (siempre que se cumplan unos requisitos mínimos), así como el telecontrol del robot. Se ha hecho uso de “php” por la facilidad para pasar datos entre distintas páginas, y la sencillez para subir archivos a un servidor; y de “cgi” en “shell scripting” y tuberías, para la comunicación entre la interfaz web y los procesos que corren sobre el servidor.

El esquema que siguen las páginas es el presente en la Figura 12, y se compone de los elementos expuestos a continuación:

- “index.html”: selección del robot según IP o color

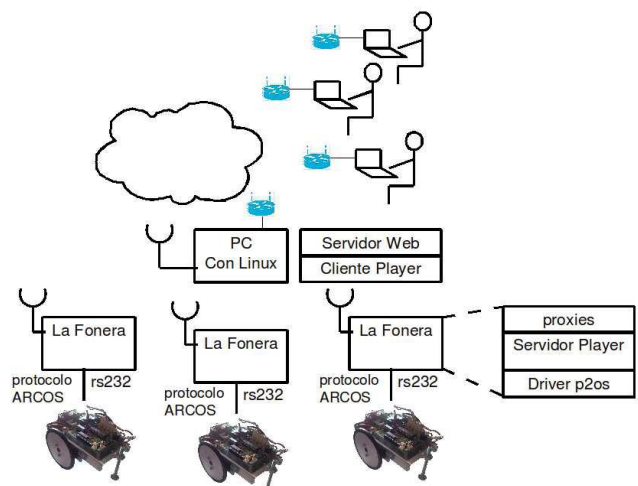


Figura 10. Arquitectura del sistema completo

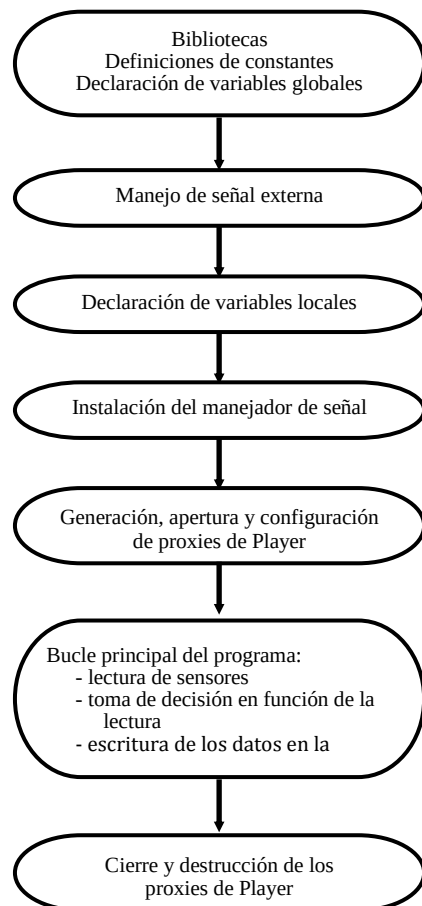


Figura 11. Esquema del programa de un siguelíneas con Player

asignado.

- “subida.php”: formulario que permite subir el programa del usuario para su posterior compilación y prueba, en la que en primer lugar se elige el robot con el que se quiere conectar y posteriormente solicita al usuario que suba y compile el código del programa a ejecutar en el robot (Figura 13).
- “recibe.php”: recibe y compila el programa en el ordenador remoto, e informa al usuario de los posibles fallos que haya podido haber en la carga o la compilación (Figura 14).
- “controlar.php”: permite al usuario calibrar y telecontrolar el robot por medio de cursores en pantalla, a la vez que muestra en tiempo real el movimiento de los robots (Figura 15).

El funcionamiento del programa puede verse utilizando una ventana de simulación basada en Stage o se puede cargar y ejecutar en el robot y monitorizar su funcionamiento utilizando una cámara IP o webcam, a través de “sensores.php” (Figura 16).

La interfaz se ejecuta sobre el PC que, a su vez, es la

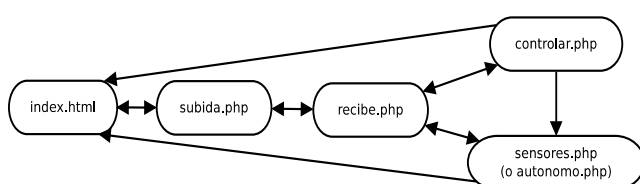


Figura 12. Estructura de la interfaz web



Figura 13. Pantalla de subida del código

máquina en la que se ejecutan las aplicaciones cliente que los usuarios suben y compilan. Es este PC el que está conectado a cada robot (y, a su vez, cada uno de estos robots ejecuta un servidor de Player). En el caso presentado, sólo hay un robot conectado, y es el que está siendo simulado en Stage.

VII. APLICACIONES DIDÁCTICAS

El sistema diseñado puede ser usado como un laboratorio remoto de robótica o como una plataforma de bajo coste para la enseñanza de Sistemas Embebidos.

A. Laboratorio Remoto de Robótica Móvil

En la enseñanza de la robótica móvil es necesaria la utilización de robots móviles programados por los alumnos.

En muchos casos se fomenta el uso de simuladores para desarrollar algoritmos, probar y optimizar comportamientos, etc. sin necesidad de utilizar un robot físico hasta el último momento. Los problemas aparecen en el momento de probar el trabajo realizado en un robot real.

En algunos casos, debido al elevado coste de algunas plataformas robóticas comerciales, no se dispone de muchos robots, y en otros casos, los robots no están disponibles para los alumnos todo el tiempo que éstos desearían. Estos problemas se agravan enormemente en teleformación donde los alumnos bien no pueden desplazarse a un laboratorio o este desplazamiento es muy acotado en el tiempo.

Con el proyecto que se presenta en este artículo se da un primer paso hacia la realización de un laboratorio de robótica remoto con un coste reducido basado en la

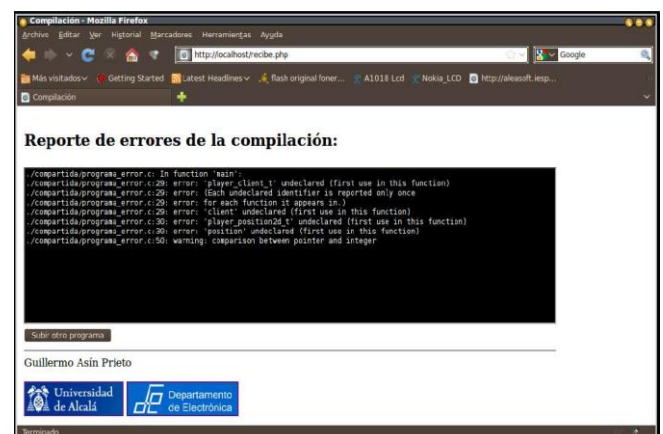


Figura 14. Pantalla que muestra los resultados de compilación

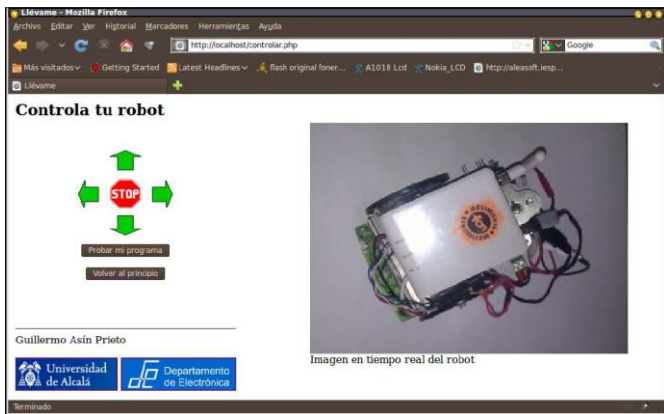


Figura 15. Telecontrol del robot

plataforma Player/Stage para programación y simulación de los robots. Con este sistema los alumnos pueden programar, compilar y descargar código de forma remota en un robot que están visualizando con una cámara IP situada en el techo del laboratorio.

El sistema integrado en el Router La Fonera, puede ser utilizado con el pequeño robot que se ha presentado anteriormente pero también puede ser utilizado con robots comerciales que sean compatibles con el protocolo ARCOS.

B. Enseñanza de Sistemas Empotrados

El sistema diseñado puede verse también como una plataforma de enseñanza de Sistemas Empotrados. Está formado por dos procesadores: un microcontrolador de 16 bits de bajo coste al que están conectados motores, sensores, un puerto de comunicación serie, etc. y, por otro lado, incorpora un segundo procesador potente conectado con el primero mediante un puerto serie y con posibilidad de comunicación Wifi y USB, que soporta un sistema operativo como Linux.

La plataforma se puede utilizar en un curso de Sistemas Empotrados donde se trabajen diferentes aspectos de un sistema empujado:

- Configuración y control de periféricos del microcontrolador.
- Diseño de funciones de comunicación serie e implementación de un protocolo de comunicaciones (como ARCOS).
- Configuración y utilización de un sistema operativo en tiempo real que soporte la funcionalidad de bajo nivel del sistema.

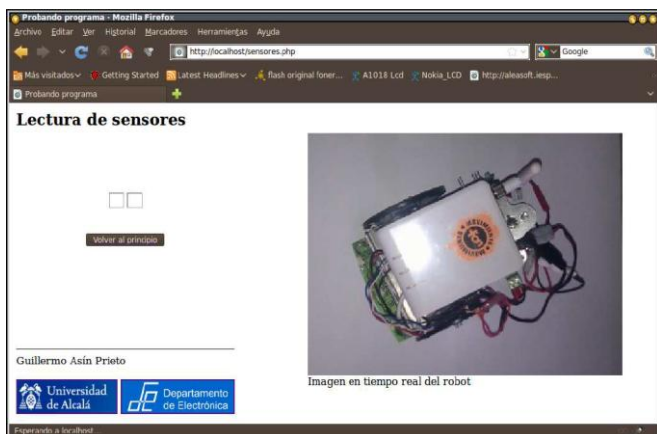


Figura 16. Monitorización en tiempo real del funcionamiento del robot

- Configuración de Linux para ser utilizado en una plataforma hardware con memoria limitada desechando todo lo que no es necesario.
- Uso de los recursos que proporciona Linux que son muy utilizados en sistemas empujados como es el servidor de páginas web, la transferencia de ficheros por FTP, la transmisión de información a través de TCP/IP.
- El diseño de aplicaciones empujadas desde el mas bajo nivel hasta el mas elevado.
- La incorporación de otros sensores y actuadores, e incluso de otras plataformas hardware de bajo nivel que permita implementar aplicaciones diferentes a la robótica.

VIII. TRABAJOS FUTUROS

A continuación se exponen algunas ideas y propuestas de trabajos futuros para complementar o ampliar éste:

- Implementación de otros sensores en la interfaz web: Pueden incluirse en la interfaz la monitorización de más sensores del mismo tipo, u otros de los que se provea al robot como pueden ser encoders, sensores de ultrasonidos,...
- Sistemas completamente autónomos: Implementación del servidor web dentro de la propia La Fonera, ampliando sus capacidades de almacenamiento por medio de una modificación para el uso de tarjetas SD.
- Desarrollo de un driver específico: Se ha modificado el driver p2os existente en el repositorio de Player, pero puede implementarse un driver específico que tenga en cuenta las peculiaridades del hardware de Cyborg.
- Utilización de hardware alternativo: El desarrollo ha sido pensado utilizando un sistema operativo como es Linux disponible para muchas plataformas hardware, y Player, que abstrae del hardware subyacente si está soportado. Se podría utilizar por tanto otros router o sistemas empujados que soporten Linux, y otros plataformas robóticas soportadas por Player.

IX. CONCLUSIONES

Con el proyecto que se presenta se ha conseguido un sistema completo y funcional para la realización de un laboratorio remoto para el aprendizaje de la robótica a nivel de algorítmica, que además permite la independencia del hardware y software desde el que se trabaje siempre que se disponga de un dispositivo con acceso a internet, y navegador web.

Esta implementación por tanto facilita el aprendizaje de la robótica sin necesidad de laboratorios presenciales.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ha sido posible por el apoyo del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá, por la cofinanciación de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) – Ministerio de Ciencia e Innovación y la cofinanciación del Programa de Proyectos de Innovación Docente de la Universidad de Alcalá.

REFERENCIAS

- [1] MobileRobots Inc., Pioneer 3 Operations Manual, Pioneer 3 Operations Manual v.3 (ARCOS-based DX and AT).pdf, 2006.

- [2] RAIN. (2010) "Mobile Robots - Autonomous mobile robot cores, bases and accessories". Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: www.mobilerobots.com/
- [3] "The Origins of the Player/Stage Project". (2009, Diciembre) Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: playerstage.sourceforge.net/wiki/PlayerHistory
- [4] "Player Project" (2010, Junio). Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: [http://en.wikipedia.org/wiki/Player Project](http://en.wikipedia.org/wiki/Player_Project)
- [5] O. Colomina y M. Ángel Cazorla. (2007, Noviembre) "Introducción a Player/Stage". Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/11427/1/intro-ps.pdf
- [6] "La Fonera" (2010, Agosto). Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: es.wikipedia.org/wiki/Fonera
- [7] "FON" (2010, Julio). Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: es.wikipedia.org/wiki/FON
- [8] "Tarjeta miniAlcadsPIC". Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: geiser.depeca.uah.es/moodle_robot/course/view.php?id=22
- [9] "Tarjeta AlcadsPIC". Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: geiser.depeca.uah.es/moodle_robot/course/view.php?id=4
- [10] "OpenWrt - Wireless Freedom". Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: www.openwrt.org/
- [11] "dd-wrt.com". Comprobada el 4 de Octubre de 2012. [Online]. Disponible: www.dd-wrt.com/



Guillermo Asín Prieto, es investigador contratado en el Grupo de Bioingeniería del Instituto de Automática y Robótica del Consejo de Investigaciones Científicas (Arganda del Rey – Madrid). Es Ingeniero Técnico Industrial (Especialidad en Electrónica Industrial) por la Universidad del País Vasco e Ingeniero Electrónico por la Universidad de Alcalá y actualmente estudiante del Máster de Ingeniería Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid.



Julio Pastor Mendoza, (M'93) es Profesor Titular del Departamento de Electrónica de la Universidad de Alcalá desde 1998. Ingeniero Técnico de Sistemas Electrónicos en 1990 e Ingeniero de Telecomunicación en 1995, ambos títulos obtenidos en la Universidad Politécnica de Madrid. Sus áreas de interés son la Robótica Educativa, los Sistemas Empotrados y la automatización industrial.

Revisores

Addison Salazar Afanador,
Universidad Politécnica de Valencia, España
Alberto Jorge Lebre Cardoso,
Universidad de Coimbra, Portugal
Alfredo Ortiz Fernández,
Universidad de Cantabria, España
Alfredo Rosado Muñoz,
Universidad de Valencia, España
Amaia Méndez Zorrilla,
Universidad de Deusto, España
Ana Arruarte Lasa,
Universidad del País Vasco, España
André Luís Alice Raabe,
Universidade do Vale do Itajaí, Brasil
Angel García Beltrán,
Universidad Politécnica de Madrid, España
Angel Mora Bonilla,
Universidad de Málaga, España
Angélica de Antonio Jiménez,
Universidad Politécnica de Madrid, España
Antonio Barrientos Cruz,
Universidad Politécnica de Madrid, España
Antonio Navarro Martín,
Universidad Complutense de Madrid, España
Antonio Sarasa Cabezuolo,
Universidad Complutense de Madrid, España
Basil M. Al-Hadithi,
Universidad Alfonso X El Sabio, España
Basilio Pueo Ortega,
Universidad de Alicante, España
Begoña García Zapirain,
Universidad de Deusto, España
Carmen Fernández Chamizo,
Universidad Complutense de Madrid, España
Cecilio Angulo Bahón,
Universidad Politécnica de Catalunya, España
César Alberto Collazos Ordóñez,
Universidad del Cauca, Colombia
Crescencio Bravo Santos,
Universidad de Castilla-La Mancha, España
Daniel Montesinos i Miracle,
Universidad Politécnica de Catalunya, España
Daniel Mozos Muñoz,
Universidad Complutense de Madrid, España
David Benito Pertusa,
Universidad Pública de Navarra, España
Elio San Cristobal Ruiz,
UNED, España
Faraón Llorens Largo,
Universidad de Alicante, España
Francisco Javier Faulin Fajardo,
Universidad Pública de Navarra, España
Gabriel Díaz Orueta, UNED, España
Gerardo Aranguren Aramendía,
Universidad del País Vasco, España

Gloria Zaballa Pérez,
Universidad de Deusto, España
Gracia Ester Martín Garzón,
Universidad de Almería, España
Ismar Frango Silveira,
Universidad de Cruzeiro do Sul, Brasil
Javier Areitio Bertolin,
Universidad de Deusto, España
Javier González Castaño,
Universidad de Vigo, España
Joaquín Roca Dorda,
Universidad Politécnica de Cartagena, España
Jorge Alberto Fonseca e Trindade,
Escola Superior de Tecnología y Gestión,
Portugal
Jorge Munilla Fajardo,
Universidad de Málaga, España
José Alexandre Carvalho Gonçalves,
Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
Jose Ángel Irastorza Teja,
Universidad de Cantabria, España
José Angel Martí Arias,
Universidad de la Habana, Cuba
José Ignacio García Quintanilla,
Universidad del País Vasco, España
José Javier López Monfort,
Universidad Politécnica de Valencia, España
José Luis Guzmán Sánchez,
Universidad de Almería, España
José Luis Sánchez Romero,
Universidad de Alicante, España
José Ramón Fernández Bernárdez,
Universidad de Vigo, España
Juan Carlos Soto Merino,
Universidad del País Vasco, España
Juan I. Asensio Pérez, Universidad de
Valladolid, España
Juan Meléndez,
Universidad Pública de Navarra, España
Juan Suardiá Muro,
Universidad Politécnica de Cartagena, España
Juan Vicente Capella Hernández,
Universidad Politécnica de Valencia, España
Lluís Vicent Safont,
Universidad Ramón Llul, España
Luis Benigno Corrales Barrios,
Universidad de Camagüey, Cuba
Luis de la Fuente Valentín,
Universidad Carlos III, España
Luis Fernando Mantilla Peñalba,
Universidad de Cantabria, España
Luis Gomes,
Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Luis Gómez Déniz,
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria,
España

Luis Zorzano Martínez,
Universidad de La Rioja, España
Luisa Aleyda García González,
Universidade de São Paulo, Brasil
Manuel Benito Gómez,
Universidad del País Vasco, España
Manuel Domínguez Dorado,
Universidad de Extremadura, España
Manuel Gromaz Campos,
Centro de Supercomputación de Galicia,
España
Manuel Pérez Cota,
Universidad de Vigo, España
Margarita Cabrera Bean,
Universidad Politécnica de Catalunya, España
Maria Antonia Martínez Carreras,
Universidad de Murcia, España
Mario Muñoz Organero,
Universidad de Carlos III, España
Marta Costa Rosatelli,
Universidad Católica de Santos, Brasil
Mercedes Caridad Sebastián,
Universidad Carlos III, España
Miguel Ángel Gómez Laso,
Universidad Pública de Navarra, España
Miguel Ángel Redondo Duque,
Universidad de Castilla-La Mancha, España
Miguel Ángel Salido,
Universidad Politécnica de Valencia, España
Miguel Romá Romero,
Universidad de Alicante, España
Nouridine Aliane,
Universidad Europea de Madrid, España
Oriol Gomis Bellmunt,
Universidad Politécnica de Catalunya, España
Rafael Pastor Vargas, UNED, España
Raúl Antonio Aguilar Vera,
Universidad Autónoma de Yucatán, México
Robert Piqué López,
Universidad Politécnica de Catalunya, España
Rocael Hernández,
Universidad Galileo, Guatemala
Sergio Martín Gutiérrez,
UNED, España
Silvia Sanz Santamaría,
Universidad de Málaga, España
Timothy Read,
UNED, España
Víctor González Barbone,
Universidad de la República, Uruguay
Víctor Manuel Moreno Sáiz,
Universidad de Cantabria, España
Victoria Abreu Sernández,
Universidad de Vigo, España
Yod Samuel Martín García,
Universidad Politécnica de Madrid, España

Equipo Técnico: Diego Estévez González,
Universidad de Vigo, España

IEEE-RITA es una publicación lanzada en Noviembre de 2006 por el Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE (CESEI), y apoyada por el Ministerio Español de Educación y Ciencia a través de la acción complementaria TSI2005-24068-E. Posteriormente fue apoyada por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación a través de la acción complementaria TSI2007-30679-E, y desde Diciembre de 2009 por la acción complementaria TIN2009-07333-E/TSI.

(Viene de la Portada)

EDICIÓN ESPECIAL: CAMPUS VIRTUALES'2012

Editores Invitados: *Carina Soledad González-González*

Editorial Especial. Sección Especial Campus Virtuales.....	<i>Carina Soledad González-González</i>	211
E-learning y Planificación Inteligente: Mejorando la Personalización de Contenidos.....	<i>Antonio Garrido y Lluvia Morales</i>	213

EDICIÓN ESPECIAL: TAAE 2012

Editores Invitados: *Manuel Caeiro, Senior Member, IEEE, Camilo Quintáns, Member, IEEE, and Alfonso Lago, Senior Member, IEEE*

Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica: TAAE 2012.....	<i>Manuel Caeiro, Senior Member, IEEE, Camilo Quintáns, Member, IEEE, and Alfonso Lago, Senior Member, IEEE</i>	221
Experiencia PBL en una Asignatura Básica de Electrónica.....	<i>Manuel A. Perales, Federico J. Barrero, Senior Member, IEEE, Sergio L. Toral, Senior Member, IEEE, Mario J. Duran</i>	223
Curso Práctico de Sistemas Empotrados Basado en Placas de Desarrollo XUPV2P.....	<i>Antonio García Moya y Angel Barriga Barros, Member, IEEE</i>	231
Plataforma Robótica Didáctica de Bajo Coste Basada en la Arquitectura Software Player/Stage y en el Hardware de La Fonera.....	<i>Guillermo Asín Prieto y Julio Pastor Mendoza, Member, IEEE</i>	239

IEEE-RITA es una publicación de la Sociedad de Educación del IEEE, gestionada por su Capítulo Español y apoyada por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación a través de la acción complementaria TIN2009-07333-E/TSI, Red Temática del CESEI.

IEEE-RITA é uma publicação da Sociedade de Educação do IEEE, gerida pelo Capítulo Espanhol e apoiada pelo Ministério Espanhol de Ciência e Inovação através da acção complementar TIN2009-07333-E/TSI, Rede Temática do CESEI.

IEEE-RITA is a publication of the IEEE Education Society, managed by its Spanish Chapter, and supported by the Spanish Ministry of Science and Innovation through complementary action TIN2009-07333-E/TSI, Thematic Network of CESEI.